

Aus der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie

Direktorin: Frau Prof. Dr. med. Roswitha Berger

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

In Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH

Stimmanalytische Untersuchungen von stimmgestörten Patienten vor und nach Stimmbelastung

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten
Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Mathilde Wlodarz aus Tychy

Marburg, 2010

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:

14. Oktober 2010

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof Dr. Matthias Rothmund

Referent: Frau Prof. Dr. Berger

1. Korreferent: Frau Prof. Dr. A.-A. Dünne

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Einleitung.....	5
2.1	Vorwort und Fragestellungen	5
2.2	Physiologie der Stimme und Stimmerzeugung	6
2.2.1	Die Phonationsatmung.....	7
2.2.2	Die Klangerzeugung im Kehlkopf.....	9
2.2.3	Die Klangformung im Ansatzrohr	14
2.3	Theorien der Stimmerzeugung.....	15
2.3.1	Die aerodynamische-muskuläre Theorie	15
2.3.2	Die neurochronaxische Theorie	16
3	Die kranke Stimme	17
3.1	Stimmstörungen	17
3.2	Funktionelle Stimmstörungen.....	18
3.3	Organische Stimmstörungen.....	19
3.4	Berufsdysphonien.....	20
4	Stimmbelastbarkeit und Stimmbelastungstests.....	23
4.1	Stimmbelastbarkeit.....	23
4.2	Zeichen der Stimmermüdung	24
4.3	Anforderungen an einen Stimmbelastungstest	25
4.4	Auswertung des Stimmbelastungstests	26
4.5	Studien zur Stimmbelastung	27
5	Methoden.....	28
5.1	Überblick	28
5.2	Studienteilnehmer	28
5.3	Versuchsaufbau:	28

5.4	Der Voice-Handicap-Index (VHI)	29
5.5	Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung vor Belastung und nach Erholung 31	
	Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm (GHD)	32
5.5.1	Die Irregularitätskomponente	33
5.5.2	Die Rauschkomponente	33
5.5.3	Bedeutung der Rausch- und Irregularitätskomponente	33
5.5.4	Die Aufnahme-prozedur	35
5.6	Der Stimmbelastungstest (SBT)	36
5.6.1	Zeitbewertung des Audiosignals	40
5.6.2	Bewertung Über/Unterschreitung des Soll-Pegels	41
6	Ergebnisse und Diskussion	42
6.1	Subjektive Untersuchungsergebnisse	42
6.1.1	VHI	42
6.1.2	Fragebogen 1 (vor Belastung)	48
6.1.3	Fragebogen 2 (nach Belastung).....	52
6.2	Objektive Stimmuntersuchungsergebnisse	58
6.2.1	Stimmbelastungstest.....	58
6.2.2	Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm	69
6.3	Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang.....	88
6.3.1	Berufliche Sprechbelastung und Gesamtscore VHI	88
6.3.2	„Stimme heute“ und Failure.....	89
6.3.3	Vergleich Fragebogen 1 und 2.....	90
6.3.4	„Lautstärke erreicht“ zu Failure	94
6.3.5	Abhängigkeit der Grundfrequenz vom Lautstärkepegel	95
6.3.6	Korrelation zwischen dem VHI-Score und Stimmparametern im Göttinger Heiserkeitsdiagramm vor Belastung (Shimmer, Jitter, GNE und Grundfrequenz)	97
6.3.7	Abhängigkeit der Stimmbeschwerden zu Shimmer, Jitter und GNE	102

6.3.8	Korrelation zwischen maximaler Stimmlautstärke und Failuresumme bei Patienten	106
7	Zusammenfassung der Ergebnisse	109
8	Praxistauglichkeit des Stimmbelastungstest	112
9	Mögliche Fehlerquellen in der Studie	113
9.1	Geringe Fallzahl und ungleiche Geschlechter-verteilung.....	113
9.2	Alter	113
9.3	Raucheranteil	114
9.4	Stimmschulung.....	114
9.5	Tageszeit der Untersuchung	115
9.6	Biofeedback.....	116
9.7	Fragebögen	116
10	Ausblick und Schlussfolgerung	117
11	Literaturverzeichnis	119
12	Lebenslauf	125
13	Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	127
14	Danksagung.....	128

2 Einleitung

2.1 Vorwort und Fragestellungen

Die Stimme ist die wichtigste Ausdrucksform des Menschen und stellt eine sehr effiziente Methode zur Übertragung von Ideen und Gefühlen im Zuge der zwischenmenschlichen Kommunikation dar [112].

Rund ein Drittel der Arbeitskräfte auf der Welt sind von einer gut funktionierenden Stimme im Alltag abhängig [104].

Die Bedeutung der verbalen Kommunikation nimmt in verschiedenen Lebensbereichen unserer modernen Gesellschaft (z.B. Beruf, Freizeit, Konsum) stetig zu. Insbesondere ist diese Entwicklung auf dem wirtschaftlichen und industriellen Sektor bemerkbar.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat sich die Basis unserer Industriegesellschaft deutlich verändert. Der grundlegende Wandel hin zu einer serviceorientierten Wirtschaft ist offensichtlich, was in einer zunehmenden Bedeutung der Kommunikationsfähigkeit Hören, Stimme, Sprechen und Sprache resultiert [71, 99].

Immer mehr Menschen sind auf ihre Fähigkeit zur lautsprachlichen Kommunikation angewiesen, weshalb die Behandlung von Stimmstörungen an Bedeutung gewinnt. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass in den USA bis zu 10% der Bevölkerung unter Stimmstörungen leiden, was einem jährlichen wirtschaftlichen Schaden von annähernd 180 Milliarden Dollar und damit 3% des Bruttosozialprodukts entspricht [78].

Ein Bericht von 1997 des amerikanischen Arbeitsministeriums gibt an, dass die Arbeitslosenquote für Bevölkerungsgruppen mit Problemen in der Erzeugung verständlicher Sprache nahezu 70% erreicht [44].

Mit zunehmender Anzahl der Erkrankungen der menschlichen Stimme in den letzten Jahren, ist auch deren soziale Bedeutung gestiegen. Störungen der Stimme führen gerade in stimmintensiven Berufen häufig zur sozialen Desintegration und belasten den Betroffenen psychisch sehr stark.

Da Stimmstörungen noch immer zu spät erkannt werden, findet auch die Therapie zu spät statt. Häufig ergibt sich aus dieser Tatsache die Notwendigkeit des Berufswechsels oder der Berufsunfähigkeit [15, 16].

Über die stimmliche Belastung einer bereits erkrankten Stimme gibt es bisher kaum Untersuchungen. Die objektive Diagnostik von Stimmstörungen wird durch mehrere Faktoren erschwert:

- durch die große individuelle Vielfalt der menschlichen Stimme
- dadurch, dass die Stimmfunktion bewusst krankhaft verändert werden kann, und
- durch die Tatsache, da die Stimme an drei verschiedene Funktionsbereiche gekoppelt ist.

Vorstudien, die sich der Belastung einer gesunden Stimme gewidmet haben, konnten nachweisen, dass objektive akustische Parameter eine Möglichkeit bieten, Aussagen über die Stimmerholung zu ermitteln. Obwohl bei diesen Untersuchungen alle Probanden die stimmliche Belastung als subjektiv anstrengend empfanden, trat nach einer Stimmruhe eine deutliche Erholung der subjektiven Beschwerden auf. Außerdem konnte durch Schallanalysen nachgewiesen werden, dass eine gesunde Stimme nach einer halbstündigen Erholungspause die akustischen Ausgangswerte erreicht [85].

2.2 Physiologie der Stimme und Stimmerzeugung

Der menschliche Sprachapparat ist ein äußerst komplexes biologisches System, an dem mehrere Organe und Muskeln beteiligt sind (z.B. Zwerchfell, Lunge, Brustkorbmuskulatur, Kehlkopf, Zunge, Schlund- und Mundmuskulatur) und der einer äußerst diffizilen neuronalen Steuerung und Regelung unterliegt. Mit unserer Stimme sind wir in der Lage, einen breiten Frequenz- und Pegelbereich zu überstreichen und andererseits auch Stimmungslagen und Emotionen auszudrücken, so dass dieses biologische System als ein Wunderwerk betrachtet werden kann.

Der menschliche Stimmaparat ist im Prinzip ein Blasinstrument, bei dem ein Luftstrom aus der Lunge durch einen Spalt, der von den schwingungsfähigen Stimmlippen (Stimmbändern) gebildet wird, austritt und durch den anschließenden Resonanzraum Pharynx und Mundhöhle verstärkt wird [27].

Die stimmhafte Lautproduktion lässt sich beim Menschen in drei Teilprozesse unterteilen, die nacheinander ablaufen [27]:

1. die Phonationsatmung
2. die Klangerzeugung im Kehlkopf
3. die Klangformung im Ansatzrohr

2.2.1 Die Phonationsatmung

Neben dem lebensnotwendigen Gasaustausch, spielt die Atmung auch bei der Stimmbildung eine übergeordnete Rolle, da ohne richtige Atmung keine optimale Stimmerzeugung möglich ist.

So führen latente, d.h. im Alltag verborgene oder chronische Zustände geminderter Lungenleistung häufig zu Stimmstörungen. Ein Beispiel ist das Lungenemphysem, bei dem durch die Starrheit des Brustkorbs eine oft extrem verminderte Expiration erreicht wird, so dass der Anblasedruck vermindert wird und die Tonhaltedauer sinkt [27].

Wichtig für das Verständnis der Stimmerzeugung ist der Unterschied zwischen Ruhe- und Phonationsatmung.

Bei der Ruheatmung wird der Brustkorb durch die Atemmuskulatur erweitert, wodurch es zu einer passiven Mitbewegung der Lunge kommt. Der Druck in der Lunge sinkt ab und die Luft wird "eingesaugt". Beim Erschlaffen der Atemmuskulatur sinkt der Brustkorb aufgrund der eigenelastischen Kräfte wieder in die Atemruhelage zurück und die Luft strömt ohne Hindernis aus der Lunge, da die Stimmlippen geweitet sind. Die Inspiration, der aktive Teil der Ruheatmung ist dabei genauso lang wie die Expiration, der passive Teil.

Die Phonationsatmung ähnelt nur in der Einatmungsphase der Ruheatmung.

Durch die eingeatmete Luft steigt der subglottale Druck unter den Stimmlippen, die jetzt eng aneinander liegen. Um die Stimmlippen in Bewegung zu bringen muss der subglottale Druck mindestens 200 Pascal betragen. Ist der Druck hoch genug öffnen sich die Stimmlippen dem Luftdruck nachgebend und schließen sich schnell wieder: Schall wird erzeugt.

Anders als bei der Ruheatmung ist die Expiration bei der Phonationsatmung länger. Zum Einen liegt das an einer vertieften Inspiration, zum anderen an einer bewussten

aktiven Abschwächung des Ausatemstromes und bei längerem Sprechen an einer Expiration bis unter die Atemruhelage [112].

Das Verhältnis von Ein- und Ausatemungsdauer bei Ruheatmung und Sprechatmung sieht wie folgt aus [27]:

Ruheatmung:	etwa 1 : 1,2
Sprechatmung:	etwa 1 : 3 bis 1 : 4
Beim Singen:	etwa 1 : 50

Der weitere Unterschied zur Ruheatmung besteht in den weniger ausgeglichenen Luftdruckverhältnissen. Dies liegt daran, dass die Expiration bei der Ruheatmung weitgehend unbewusst abläuft während die Expiration bei der Phonationsatmung dem Sinngehalt der gesprochenen Laute untergeordnet wird indem das Gehirn die Atmung steuert und kontrolliert. Dies geschieht durch das Atemzentrum im Hirnstamm, das sehr sensibel auf psychische Verfassungen reagiert. Das ist der Grund warum sich Emotionen so stark auf unsere Atmung und letztendlich auf unsere Stimme auswirken [83].

Für den Öffnungs- und Schließvorgang der Stimmlippen ist außer der Muskelaktivität im Kehlkopf der sogenannte Bernoulli-Effekt verantwortlich. Das von Bernoulli (Schweizer Mathematiker und Physiker) im 18. Jh. entdeckte physikalische Gesetz besagt, dass wenn Gase durch eine Enge strömen, ihre Geschwindigkeit steigt [27].

Tonndorf erkannte, dass die Stimmlippen beim Phonationsvorgang den Bernoulli-Strömungsgesetzen folgen: An dem durch die adduzierten Stimmbänder gebildeten Engpass ist die Strömungsgeschwindigkeit der Luft erheblich höher als in der darunterliegenden Trachea oder dem darüber liegendem Pharynx- und Mundraum. Gleichzeitig findet an der Verengung ein Druckabfall statt. Aufgrund dieses Druckabfalls in der Glottisebene nähern sich die Stimmlippen weiter aneinander an, damit wird der Glottisspalt noch enger und die Luftstromgeschwindigkeit noch höher [27].

Genau diesem Prinzip folgen die Stimmlippen, die sich nach dem kurzen Druckabfall in der vorbeiströmenden Luft wieder schließen. Durch den Glottisverschluss (auch kurzfristiger Kehlkopfverschluss) entsteht ein Knacklaut. Kurz danach werden sie aber wegen des weiter bestehenden subglottalen Druckes abermals auseinandergesprengt und somit der nächste Phonationszyklus angefangen [6].

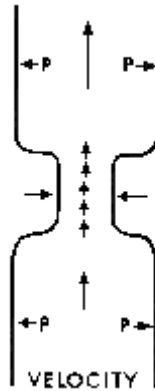


Abbildung 1: Bernoulli-Effekt [6]

Die Dauer eines solchen Zyklus ist sehr kurz, so dass die Vorgänge nur mit Schnellbildkameras beobachtet werden können. Eine Männerstimme weist die Frequenz von durchschnittlich 125 Hz auf, eine Frauenstimme über 240 Hz und eine Kindesstimme über 300-400 Hz. Diese Werte werden als Grundfrequenzen der Stimmlippenschwingung (F_0) bezeichnet [6].

Die Schwingungsfrequenz ist auch von der Masse und Länge der Stimmlippen abhängig. Die Länge der Stimmlippen bei Frauen beträgt 13 bis 17mm, bei Männern 17 bis 24mm. Die Grundfrequenz steigt auch an, wenn die Stimmlippen gespannt und gedehnt werden (max. Dehnungskapazität beträgt 4mm). Eine tiefe Bassstimme hat eine mittlere Schwingungsfrequenz von ca. 80 Hz, eine hohe Sopranstimme eine von über 1000 Hz. Ein anderer - die Schwingungsfrequenz bestimmender - Faktor ist der subglottale Druck. Seine Stärke wirkt sich auf die Frequenz und die Intensität der Stimme aus. Bei einem hohem subglottalen Druck bleiben die Stimmlippen für 30 bis 50% des Zyklus offen, bei einem niedrigerem subglottalen Druck erreichen diese Werte 50 bis 70% der Zeit eines Zyklus [45].

2.2.2 Die Klangerzeugung im Kehlkopf

Der Kehlkopf, ein knorpelig-knöchernes Stützgerüst, das durch elastische Membranen und Bänder, Gelenke und Muskulatur zusammengehalten wird, befindet sich am oberen Ende der Luftröhre. Seine intakte Funktion ermöglicht ein aspirationsfreies Schlucken durch den schlucksynchronen Atemwegsverschluss, die Sicherstellung des Atemweges und die Stimmgebung [27].

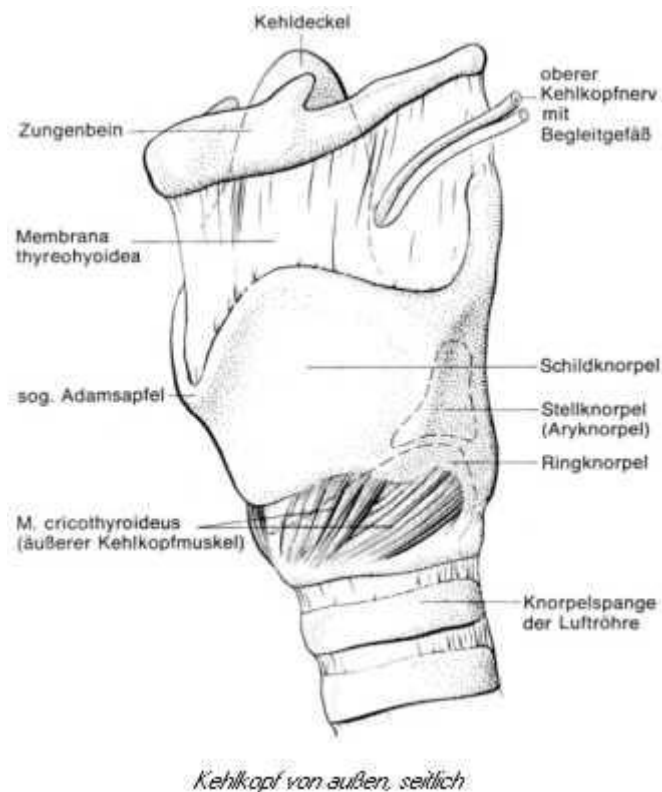


Abbildung 2: Stützgerüst und Bänder des Kehlkopfs, laterale Ansicht aus Wendler J, Seidner W, Eysholdt U (2005). Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. Stuttgart, New York Thieme, 73-74.

Innerhalb des Kehlkopfes befinden sich zwei mit Schleimhaut umkleidete Gewebelappen, die Stimmlippen, in denen feine Muskelstränge verlaufen. Ihre oszillierende Bewegung durch den Anblasestrom aus den Lungen ist die physikalische Grundlage der Schallerzeugung [27].

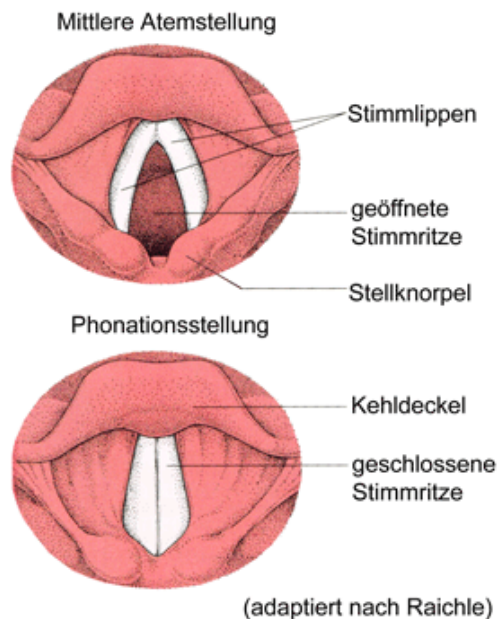


Abbildung 3: Stellung der Stimmlippen in Atem-und Phonationsstellung aus Wendler J, Seidner W, Eysholdt U (2005). Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. Stuttgart, New York Thieme, 73-74.

Mit Hilfe der Stroboskopie erkannte man 1940 in den USA (Bell Telephone Laboratories), dass die Stimmlippenbewegung sowohl in der Horizontal- , als auch Vertikalebene erfolgt [27].

Zusätzlich zu diesen Bewegungen, findet eine Eigenbewegung der Stimmlippen Schleimhaut statt, die gegenüber Muskelkörper und Stimmband verschieblich ist. Diese lässt sich durch den histologischen Aufbau der Stimmlippen erklären [19]:

Die Stimmlippen sind aus verschiedenen Gewebearten zusammengesetzt: Epithel, Lamina propria, quergestreifte Muskulatur, Nerven, Gefäße und Knorpel. Der membranöse Teil der Stimmlippen wird von Plattenepithel bedeckt. Die Oberfläche zeigt Mikroplicae, die wahrscheinlich der Sekrethaftung, Anfeuchtung und Formstabilität dienen. In der hinteren und vorderen Kommissur findet sich Flimmerepithel.

Beide Epitheltypen werden von einem zweischichtigen serösen, wässrigen, und darüber einem muzinösen, schleimigen, Sekretbelag bedeckt. Die muzinöse Schicht verhindert die Austrocknung der Zellen. Die seröse Schicht ermöglicht Zilienbewegungen in der vorderen und hinteren Kommissur sowie den Kontakt beider

Stimmklappen und die durch Feuchtigkeit bedingte Verformbarkeit des Epithels. Damit entsteht bei den Phonationsschwingungen eine wellenförmige Bewegung, die so genannte Randkantenverschiebung.

Das Epithel ist die wichtigste schwingende Struktur. Es gibt den Stimmklappen ihre Form und ermöglicht die Rückkehr in Ruhelage der Phonationsschwingungen, die stroboskopisch, kymographisch oder durch Hochfrequenzvideographie beobachtet werden können.

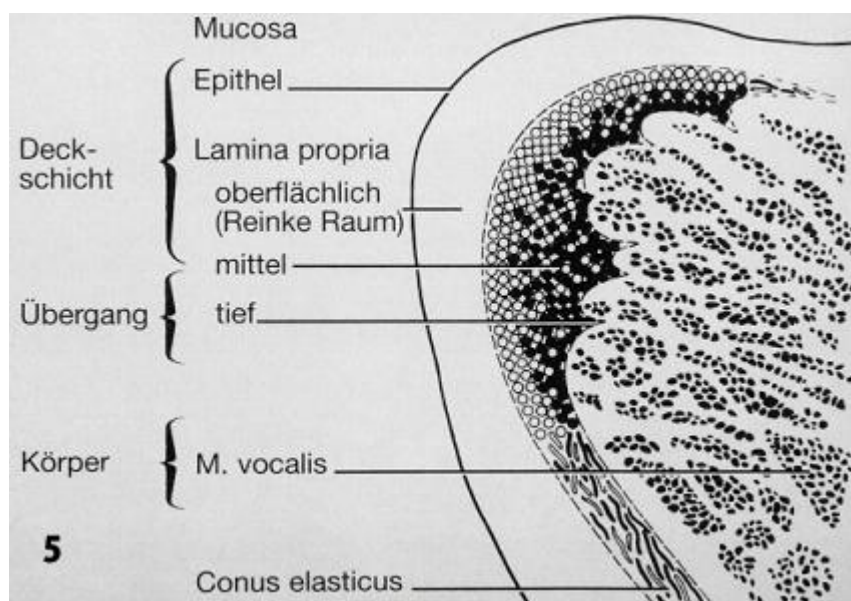


Abbildung 4: Feinbau der Stimmklappen aus Wendler J, Seidner W, Eysholdt U (2005). Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. Stuttgart, New York Thieme, 76.

Der normale physiologische Schwingungsablauf der Stimmklappen beruht also auf 3 unterschiedlichen Bewegungen [19]:

1. einer horizontale Schwingung von medial nach lateral
2. einer andeutete vertikale Schwingung von kaudal nach kranial
3. und einer wellenförmigen Bewegung der Stimmklappenschleimhaut (Randkantenverschiebung).

Der normale Ablauf der Stimmklappenschwingung ist charakterisiert durch regelmäßige, seitengleiche symmetrische Bewegungen von mittlerer Amplitude, deutlicher Schleimhautverschieblichkeit und vollständiger Glottisschlußphase [27].

Um den Phonationsprozess in Gang zu bringen, müssen die Stimmlippen in bestimmte Stellungen gehen. Bei der Bildung von stimmhaften Lauten erfolgt Phonationsstellung (Stimmstellung), das heißt die Stimmlippen verschließen die Stimmritze, also den offenen Raum zwischen ihnen, fast vollständig. Der Phonationsstrom zwingt sich so schubweise durch die Stimmritze und bringt die Stimmlippen in schnelle Schwingungen. Es entstehen komplizierte periodische aus Teiltönen bestehende Schwingungen, auch Klänge genannt. Der Schwingungsablauf ändert sich bei Variation der Tonhöhe: Mit zunehmender Tonhöhe nehmen die Amplituden und die Randkantenverschiebung aufgrund des Spannungszustandes der Stimmlippen ab [116].

Die Frequenz (möglich sind ca. 70-1000 Hz) hängt dabei von der Länge und die Tonhöhe von der Spannung der Stimmlippen ab, die durch Stellung der Stellknorpel bzw. die Kippbewegung zwischen Ring- und Schildknorpel reguliert werden [116].

Beim Aufwärtssingen wird die Stimmlippe verlängert; der erhöhte Spannungszustand und die verminderte Masse des mitschwingenden Muskelanteils bewirken die gewünschte Frequenzerhöhung. Die Tonuserhöhung macht aber auch eine Erhöhung des subglottischen Anblasedrucks notwendig und führt damit ohne weitere, bewusste Korrektur der Einstellung zu einer Erhöhung der Lautstärke. Allgemein können hohe Töne nicht in gleicher Weise phoniert werden wie tiefe Töne. Eine Anhebung der Lautstärke bewirkt bei ungeübten Stimmen auch eine Tonhöhenanhebung [116].

Reinicke sagte: *"Die Lehre der Tonbildung ist kein Geheimnis, sondern eine auf physikalischen und physiologischen Gesetzen beruhende Wissenschaft. Das Stimmorgan, welches uns die Mutter Natur schenkte, können wir zwar nicht durch ein anderes ersetzen, es läßt sich jedoch durch Schulung, Willen und Übung so zauberhaft veredeln und umformen, daß in den meisten Fällen eine ganz neue Stimme entstanden zu sein scheint"* [75]

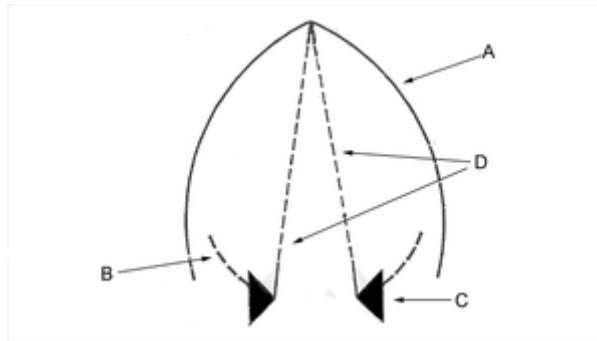


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Stellknorpel in Atmungsstellung; A: Schildknorpel, B: Ringknorpel, C: Stellknorpel, D: Stimmlippen
aus: [http://de.wikipedia.org/wiki/Artikulation_\(Linguistik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Artikulation_(Linguistik))

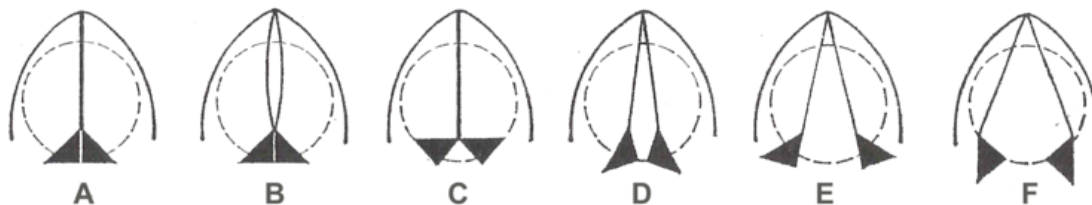


Abbildung 6: Schema der verschiedenen Stellungen der Stellknorpel und Stimmlippen; A: Glottisverschluss, B: Phonationsstellung, C: Flüsterstellung, D: Hauchstellung; E: Atmungsstellung oder Ruhestellung; F: Tiefatmungstellung
Aus: [http://de.wikipedia.org/wiki/Artikulation_\(Linguistik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Artikulation_(Linguistik))

Je höher die Stimmlippenspannung, desto höher also die Frequenz der Schwingungen und desto höher der Ton. Die Lautstärke eines Tones wird dagegen über die Stärke des Anblasestroms und somit den subglottischen Druck reguliert [27].

Der primäre Kehlkopfklang, der unmittelbar über den schwingenden Stimmlippen erzeugt wird, ist ein obertonreiches und noch völlig undifferenziertes Schwingungsgemisch, das unser Ohr als raues, schnarrendes Geräusch wahrnehmen würde, wenn es dies könnte. Dieses undifferenzierte breite Frequenzband bildet jedoch das Ausgangsmaterial für die zur Lautbildung führenden Wandlungen im Ansatzrohr [27].

2.2.3 Die Klangformung im Ansatzrohr

Sobald in den Stimmlippen ein Primärklang erzeugt wurde, strömt dieser in das aus Rachen-, Nasen- und Mundhöhle bestehende Ansatzrohr, welches also von den Stimmlippen bis zu den Lippen und Nasenöffnungen reicht [27].

Das Ansatzrohr ist vergleichbar mit einem musikalischen Instrument, bei dem der primäre Kehlkopfklang in einen Ton modifiziert wird. Das menschliche Ansatzrohr ist also schwingungsfähig und kann durch willkürliche Muskelbewegungen seine Form verändern. Es wirkt damit als verstellbarer Resonanzraum. Die im Kehlkopf erzeugten Geräusche und Klänge werden im Ansatzrohr zu hörbaren Sprechlauten moduliert [27].

Das Ansatzrohr bewältigt somit eine Doppelaufgabe: einerseits ist es Resonator und andererseits das sprachlautbildende Organbezirk. In Abhängigkeit von den Artikulationsbewegungen wird die Konfiguration des Ansatzrohres verändert und damit die Resonanzfrequenz verschoben. Einige Töne erfahren so eine Verstärkung ihrer Resonanz, so dass sie gegenüber den anderen Teiltönen dominanter werden. Diese resonanzverstärkten Teiltöne heißen Formanten [27].

2.3 Theorien der Stimmerzeugung

Während man viele Jahrzehnte hindurch glaubte, über die Vorgänge bei der Stimmlippenbewegung, die durch die experimentellen Forschungen des deutschen Physiologen Johannes Müller (1839) erfolgte, gesicherte Vorstellungen zu besitzen, sind um das Jahr 1950 diese Vorgänge von Husson in Paris mit seiner Theorie in Frage gestellt worden. Es entbrannte ein vielstimmiger Meinungsstreit [27].

2.3.1 Die aerodynamische-muskuläre Theorie

Nach der aerodynamisch-muskulären Theorie Müllers, werden die Stimmlippen durch aktive Bewegung der inneren Kehlkopfmuskulatur adduziert und durch den Anblasestrom aus den Lungen zum oszillieren gebracht. Die schnellen Schwingungen der Stimmlippen führen zu periodischen Verdichtungen und Verdünnungen der durch die Glottis strömenden Luftsäule: Schall entsteht [27].

Tonndorf und Edwald (1905) erkannten, daß der Bernoulli- Effekt (siehe oben) beim Öffnen und Schließen der Stimmlippen eine zusätzliche entscheidende Rolle spielt. Die Modifizierungen die Edwald und Tonndorf an Müllers Theorie vornahmen sowie deren Entdeckung des Einflusses des Bernoulli-Gesetzes auf den Phonationsvorgang haben dazu geführt, dass Müllers Theorie bis heute Gültigkeit und Anerkennung besitzt [27].

Der Phonationsvorgang ist laut dieser Theorie ein myoelastischer- aerodynamischer Prozess, d.h. die Stimmlippen werden durch den subglottalen Druck, die Muskelaktivität und den Bernoulli-Effekt zum Oszillieren gebracht [27].

2.3.2 Die neurochronaxische Theorie

Hussons Theorie, laut der jede einzelne Bewegung der Stimmlippen durch gezielte, vom Gehirn ausgehende und auf die Vokalmuskulatur gerichtete Innervationsstöße erfolgt und die Stimmlippenschwingungen somit einzelne Reaktionen auf entsprechende Aktionspotentiale sind, ist heute überholt [27].

3 Die kranke Stimme

3.1 Stimmstörungen

Die gesunde Stimme wird definitionsgemäß *euphonisch* terminiert. Störungen in der komplexen muskulären Interaktion während des Phonationsvorgangs oder Variationen der organischen Konstitution der Stimmlippen resultieren in einer *dysphonischen* Stimme. Typische Symptome bei Dysphonie sind:

- Heiserkeit: schwacher oder rauer Stimmklang, vorübergehendes Stimmversagen bis Stimmlosigkeit
- verminderte Belastbarkeit der Stimme: vorzeitige Stimmermüdung, Sprechanstrengung,
- Atemnot bzw. Luftknappheit beim Sprechen
- falsche Stimmlage oder ungünstige Lautstärke
- subjektive Beschwerden wie Druckgefühl, Schmerzen und Missempfindungen im Kehlkopf und Halsbereich
- Husten und Räusperzwang

Die Symptome können zusammen auftreten oder alleine das Krankheitsbild bestimmen [20, 26].

Die reduzierte Stimmqualität hat einen negativen Einfluss auf die soziale Integration und psychische Verfassung der betroffenen Person [11, 43]. Deshalb ist eine effiziente medizinische Therapie, die die Stimmqualität verbessert oder die zugrunde liegende Krankheit kuriert, von größter Bedeutung.

Systematische Untersuchungsmethoden von Stimmpatienten und die Entwicklung von Therapieansätzen erfordern eine Klassifikation von Stimmstörungen [76, 86, 99, 114].

Für den klinischen Gebrauch hat sich die Unterteilung in *organische* und *funktionelle* (nicht-organische) Dysphonien durchgesetzt [5, 112].

Dieses Schema basiert auf einer der Stimmstörung angemessenen Untersuchungstechnik: Während organische Stimmstörungen durch visuelle Untersuchung der Larynxstrukturen erkennbar sind, erfordert die Diagnose der funktionellen Dysphonie die Observation der schwingenden Stimmlippen während der Phonation [5, 34, 101].

3.2 Funktionelle Stimmstörungen

Funktionelle Dysphonien sind durch eine Störung des Stimmklanges und der stimmlichen Leistungsfähigkeit gekennzeichnet, ohne dass sich krankhafte, primär organische Veränderungen am Stimmapparat nachweisen lassen. Ursächlich wird ein multifaktorielles Geschehen angenommen, dass sich durch vier Hauptkomponenten charakterisieren lässt [23, 111, 113].

- Konstitutionelle Faktoren: Anlagebedingte Minderwertigkeit der stimmgebenden Organe, vor allem Anomalien im Bereich des Kehlkopfes. Darüber hinaus ist auch die gesamtkörperliche, neurovegetative und psychische Konstitution eingeschlossen.
- Habituelle Faktoren: Gewohnheitsmäßig durch bewusstes oder unbewusstes Lernen erworbene stimmschädigende Angewohnheiten (Räuspern, harter Stimmeinsatz, gepresste Stimmgebung, nachlässige Artikulation, etc.).
- Ponogene Faktoren: (von gr. ponos = Arbeit) Durch zu starke stimmliche Anstrengung, durch zu langes oder zu lautes Sprechen verursacht. Von besonderer Bedeutung scheint dabei ein ständiges Abweichen von der Sprechstimmlage, wie es vor allem beim Sprechen im Lärm auftritt, zu sein. Ponogene Faktoren sind im speziellen die Grundlage für die Berufsstimmstörung (Berufsdysphonie), bei der immer ein Missverhältnis zwischen der geforderten und der realisierbaren Stimmleistung vorliegt.
- Psychogene Faktoren: Bei den bereits herausgestellten, engen Wechselbeziehungen zwischen Persönlichkeit und Stimme sind psychische Belastungen und Fehlsteuerungen eine wichtige Ursache für die Entstehung funktioneller Stimmstörungen.

Funktionelle Dysphonien können im Sinne eines "Zuviel" (hyperfunktionelle Dysphonie) oder eines "Zuwenig" (hypofunktionelle Dysphonie) auftreten [112].

Hyperfunktionelle Dysphonien sind die häufigeren Störungen. Der zu frühe Gebrauch der Stimme nach Laryngitis oder eine fehlerhafte Kompensation einer organischen Störung sind mögliche Ursachen dieses Störungstyps [32].

Durch die exzessive muskuläre Anspannung der Supraglottis, die bis zu einer Annäherung und zum Kontakt der Taschenfalten in der Mittellinie kommen kann, klingt die Stimme heiser, rauh, belegt, knarrend und gepresst. Als Symptom der Ermüdung kommt es später zu einer Lautstärkensenkung, so dass die Stimme gedämpft klingt [5]. Die Atmung ist im Sinne einer Hochatmung gestört.

Eine chronische Überbeanspruchung der Stimme ist ein Hauptgrund für eine hypofunktionelle Stimmstörung, so dass sie sich nicht selten aus einer hyperfunktionellen Stimmstörung entwickelt. Andere Ursachen dieser Störung sind eine begleitende onkologische Therapie oder organische Beeinträchtigungen wie z.B. die Leberzirrhose [40].

Die Stimme klingt leise, behaucht und ist kaum steigerungsfähig. Durch einen insuffizienten Glottisschluß hat sie eine matte Klangfarbe und der Muskeltonus ist gering [26].

3.3 Organische Stimmstörungen

Eine organische Dysphonie basiert auf morphologischen Veränderungen der Stimmlippen oder einer beeinträchtigten Innervation der an der Lautbildung beteiligten Muskeln. Die Ursachen dieser pathologischen Veränderungen sind z.B. Entzündungen, Ödeme, Knötchen, Rekurrensparesen, Tumoren und zentralnervöse Störungen [100].

Im Normalfall können organische Veränderungen anamnestisch und durch endoskopische Untersuchung aufgedeckt werden. Die einfachste Untersuchungsmethode ist die Laryngoskopie, die Untersuchung des Larynx mittels eines Kehlkopfspiegels. Die Erscheinungsformen organischer Stimmstörungen reichen von einseitigen und zweiseitigen strukturellen Veränderungen der Stimmlippen bis hin zu Veränderungen des gesamten Larynx [112].

3.4 Berufsdysphonien

Unter Berufsstimmstörungen fasst man eine Gruppe funktioneller Stimmstörungen zusammen, die im Zusammenhang mit der Ausübung sprechintensiver Berufe (z.B. Lehrer, Kindergärtnerinnen, Schauspieler, Sänger) auftreten [2, 7, 23].

Als auslösende Faktoren bzw. Risikofaktoren, die überproportional häufig in den aufgeführten Berufsgruppen auftreten, gelten u.a.:

- Über- und Fehlbeanspruchung der Stimme ohne ausreichende Erholungspausen [2, 67, 103]
- fehlerhafte Sprechtechnik und mangelnde Stimmhygiene [90]
- große Sprechdistanzen wie z.B. bei Lehrern oder Rednern [38]
- psychovegetative Faktoren und Mangel an individueller Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit
- ungünstiges Sprechmilieu (z.B. Umgebungslärm) [81]
- schlechte Raumakustik [69]
- geringe Luftfeuchtigkeit [31]

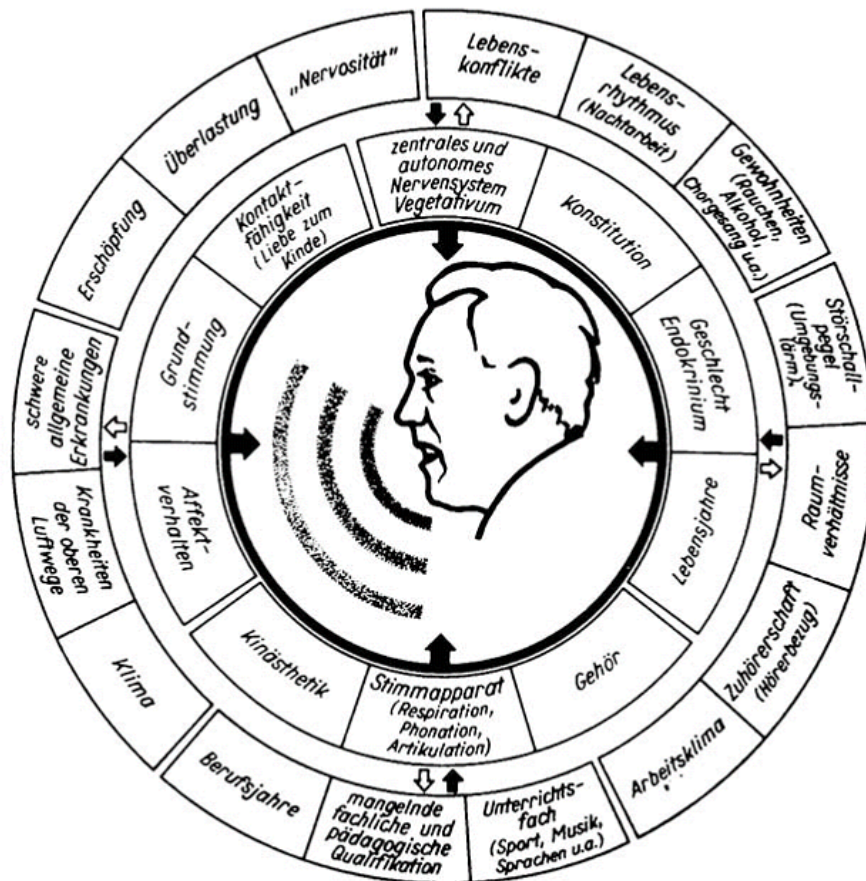


Abbildung 7: Das Bedingungsgefüge ätiologischer Störfaktoren bei Berufsstimmerkrankungen (nach Gundermann 1970)

Typische Beschwerden sind zunehmende Heiserkeit nach zwei- bis dreistündigem Sprechen, Räusperzwang und Trockenheitsgefühl sowie Schmerzen im Halsbereich. Das klinische Bild entspricht größtenteils einer hyperfunktionellen Dysphonie [30].

Eine Berufsgruppe die einer besonders hohen Sprechbelastung ausgesetzt ist, sind Lehrer, die zum einen eine durchschnittlich eine dreimal so hohe Sprechdauer pro Tag haben wie z.B. Verwaltungsangestellte, und zum anderen die Hälfte der Zeit mit einer hohen Lautstärke reden müssen [52].

Diese Lautstärke ist oft notwendig, da die Lehrer gegen Lautstärkepegel im Klassenzimmer von durchschnittlich 45 bis 58 dB, und in Sporthallen sogar von bis zu 80 dB ankämpfen müssen [69].

Dies wiederum resultiert in einer erhöhten Sprechlautstärke von ca. 74 dB [84].

Auf die Dauer kann diese anhaltende Sprechbelastung zur Dysphonie führen, die dann zu einer psychischen Belastung für die Betroffenen werden kann. Kommunikationsstörungen und schlechte soziale Beziehungen zu den Schülern sind oft die Folgen [53].

Zur genauen Abklärung ist dann eine phoniatische Untersuchung erforderlich. Bei der Behandlung sollten präventive Maßnahmen an erster Stelle stehen, welche aus phoniatischen Tauglichkeitsuntersuchungen vor Beginn der Ausbildung, einer fundierten Stimm- und Sprecherziehung und einer optimalen Stimmhygiene bestehen. Manifeste Störungen bedürfen primär einer konsequenten logopädischen Übungstherapie und bei bereits eingetretenen sekundären organischen Veränderungen ist die Kombination von laryngologischen und phonochirurgischen Maßnahmen erforderlich [10, 12].

4 Stimmbelastbarkeit und Stimmbelastungstests

4.1 Stimmbelastbarkeit

Wie belastbar eine Stimme ist, hängt von vielen Faktoren ab. Biesalski [3] unterteilte diese Faktoren in exogene und endogene Faktoren:

Exogene Faktoren	Endogene Faktoren
<ul style="list-style-type: none">- Hohe Stimmbelastung (Unterrichtsdauer, Raumakustik, Störlärmpegel)- Körperliche und psychische Belastung durch den Beruf	<ul style="list-style-type: none">- Geringe stimmliche Leistungsfähigkeit (Konstitution, Alter, Krankheit)- Mangelhafte Stimmtechnik und Hygiene- Mangelhafte Artikulation- Hormonelle Umstellung- Seelische Probleme

Tabelle 1: Biesalski, P.; Frank F.: Phoniatrie- Pädaudiologie, 2. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart (1994).

Die Stärke der Dauerbelastung hängt dabei wesentlich von der Art der Belastung ab. Diese wird zum einen von der Dauer und zum anderen von der Intensität der Belastung bestimmt.

Bei normalen Umgangslautstärken ist eine gesunde Stimme 6 bis 8 Stunden belastbar. Stimmermüdungszeichen nach einer solchen Belastung sind physiologisch. Treten sie früher auf, muss weiter untersucht werden, ob und welche Art von Stimmstörung vorliegt [85].

Die meisten Studien beschäftigen sich mit dem exogenen Faktor der hohen Stimmbelastung, vor allem bei Lehrern und Erziehern:

Södersten et al.[95] fanden heraus, dass Vorschullehrer in einer durchschnittlichen Umgebungslautstärke von 76,1 Dezibel arbeiten. Dies liegt über 20 dB über der empfohlenen Umgebungslautstärke von 50-55 dBA wenn Sprachkommunikation erforderlich ist. Die Durchschnittszeit pro Tag die mit Sprechen verbracht wurde betrug 17%, was überdurchschnittlich hoch ist.

Pekkarinen und Viljanen [70] untersuchten die durchschnittliche Lautstärke in Klassenzimmern, gegen die die Lehrer ansprechen mussten: sie betrug 40 bis 58 dB(A). Um bei diesen Lautstärken verstanden zu werden mussten die Lehrer mit Lautstärken von 58 bis 79 dB(A) sprechen, was im Gegensatz zur normalen Sprechlautstärke von 65 dB zu hoch ist.

Eine Studie aus dem Jahr 2005 [89] fand heraus, dass die Prävalenz von Stimmermüdungssymptomen unter Lehrern seit dem Jahr 1988 signifikant zugenommen hat: während es 1988 12 % waren, waren es 2001 29% derselben Lehrer, die über Stimmermüdungssymptome (pro Woche) klagten. Faktoren, die zu diesem Wandel beigetragen haben, sind laut der betroffenen Lehrer vor allem eine Zunahme der Klassengröße und laute, ungezogene Kinder, die den Unterrichtsablauf zunehmend stören.

Auch Vilkman hebt die Berufsgruppe der Lehrer und Erzieher als eine Gruppe mit hoher Sprechbelastung hervor. Faktoren, die nach ihm dabei zu dieser Belastung beitragen, sind der überdurchschnittlich lange Gebrauch der Stimme am Tag, die lauten Hintergrundgeräusche im Klassenzimmer, weite Sprechdistanzen, schlechte Raumakustik in Klassenzimmern und das Fehlen entsprechender Hilfsmittel wie Stimmverstärker für die Lehrer [103].

4.2 Zeichen der Stimmermüdung

Eine zu hohe Stimmbelastung hat verschiedene erkennbare Auswirkungen auf den gesamten Kehlkopfbereich. Um einen Ton zu halten, bzw. um mit klarer Stimme zu sprechen, muss die Glottis genügend lang und komplett geschlossen sein. Eine Stimmbelastung verkürzt den Glottisschluß. Des weiteren schließt die Glottis bei Belastung nur unvollständig.

Findet diese Belastung über längere Zeit und wiederholt statt, kann es zu ersten organischen Veränderungen an den Stimmlippen kommen. Dazu zählen eine Hyperämie, eine Randkantenverschiebung sowie die Ausbildung eines Ödems [80].

Die folgende Tabelle zeigt die häufigsten Symptome einer Stimmermüdung nach Belastung:

– Schluckzwang	– Kloßgefühl
– Trockenheit im Hals	– Brennen
– Schleim	– Schmerz
– Druckgefühl	– Räusperzwang
– Hustenreiz	– Ermüden oder Versagen beim Sprechen
– Anstrengungsgefühl	– Umkippen der Stimme

Tabelle 2: Stimmermüdungssymptome nach Belastung

Da Stimmbeschwerden durch einen falschen Stimmgebrauch bei Stimmbelastung ein häufiges Problem sind, ist ein richtiger Umgang und eine Stimmhygiene eine wichtige Maßnahmen zur Vorbeugung von Stimmbeschwerden und Stimmstörungen [85].

Laukkanen et al. fanden heraus, dass Personen, die an einer Stimmschulung teilgenommen hatten im Vergleich zu Personen ohne Stimmschulung während eines 45 - minütigem Stimmbelastungstest durchschnittlich signifikant niedrigere Grundfrequenzpegel aufwiesen [48].

Bei normalen Umgangslautstärken ist eine gesunde Stimme mindestens 6-8 Stunden pro Tag belastbar. Stimmermüdungszeichen nach solchen Belastungsphasen sind als physiologisch zu werten. Treten diese früher auf, liegt eine Stimmstörung vor, die einer diagnostischen und therapeutischen Intervention bedarf [85].

4.3 Anforderungen an einen Stimmbelastungstest

Der Stimmbelastungstest (SBT) überprüft die stimmliche Ausdauer- und Belastungsfähigkeit und liefert gleichzeitig wichtige Informationen zur Stimmkonstitution. Er muss aufgrund eingeschränkter verfügbarer Zeit dabei so definiert werden, dass die reale Stimmbelastungsgrenze in kurzer Zeit erreicht wird

Nach Schneider [85] sollte ein Stimmbelastungstest folgende Kriterien erfüllen:

- Er sollte in einem schallgedämpften Raum mit Umgebungslautstärken unter 45 dB durchgeführt werden.
- Zur Unterstützung der Phonationsatmung sollte der Patient stehen.

- Der Mund-Mikrofon -Abstand sollte konstant 30 cm betragen.
- Zwischen maximal erreichbarem Schalldruckpegel der Rufstimme und dem zu fordernden Schalldruckpegel im SBT sollte eine Differenz von ca. 10 dB liegen, da andernfalls ein vorzeitiger Testabbruch aufgrund einer stimmlichen Erschöpfung wahrscheinlich ist
- Die Testdauer sollte ca. 20 Minuten betragen.
- Ein visuelles Biofeedback (z.B. ein farbenwechselnder Bildschirm) sollte dem Probanden Auskunft über den erreichten Lautstärkepegel geben.
- Um das visuelle Feedback nicht zu behindern, eignen sich Zahlenreihen zum Lesen am besten.
- Der SBT sollte in Kombination mit anderen stimmdiagnostischen Untersuchungen wie z.B. einer auditiven Stimmklanganalyse, Stimmfeldmessung und einer Laryngostroboskopie durchgeführt und ausgewertet werden. Erst bei einem Vergleich dieser Untersuchungen vor und nach dem SBT können die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Interpretation herangezogen werden.
- Die Vergleichsuntersuchungen sollten möglichst nahtlos anschließen, da bereits wenige Minuten Stimmruhe eine Stimmerholung bewirken können.

4.4 Auswertung des Stimmbelastungstests

Die meisten Programme registrieren die Ist-Schalldruckpegelwerte über die Zeit und die durchschnittlichen Schalldruckpegelwerte. Nach Abschluss des Test lässt sich der Verlauf graphisch als Kurve darstellen.

Nach Hacki [28] werden 7 verschiedene Kurventypen unterschieden, wobei die Typen 1-3 als physiologisch und die Typen 4-7 als pathologisch gelten.

Viele Programme registrieren zusätzlich die Grundfrequenz.

Während ein anfänglicher Anstieg der Grundfrequenz bis zum Erreichen des geforderten Schalldruckpegels im Sinne eines Warm-Up-Effektes physiologisch ist, muss ein weiterer Anstieg bei konstantem Schalldruckpegel eher als ein Zeichen

stimmlicher Beanspruchung und Folge stimmlicher Komplikationsbemühungen gewertet werden [85].

4.5 Studien zur Stimmbelastung

Obwohl es zahlreiche Studien zu Stimmbelastung gibt, gestaltet sich der Vergleich der Ergebnisse sehr schwierig, da es bis heute kein etabliertes einheitliches Verfahren gibt. Die meisten Stimmbelastungsstudien widmen sich der Untersuchung von Personen mit hoher beruflicher Stimmbelastung wie Lehrern und Erziehern.

Niebudek-Bogusz et al. [63] maßen verschiedene objektive akustische Parameter (Jitter, RAP, PPQ) vor und nach einem Stimmbelastungstest bei Lehrern mit funktionellen Stimmstörungen mit der IRIS Software. Die Probanden mussten vor dem Test einen VHI ausfüllen [63].

In einer weiteren Studie untersuchten Niebudek-Bogusz et al. [64] die Grundfrequenz, Shimmer und GNE bei Lehrern mit funktionellen Dysphonien und organischen Störungen nach einem 30minütigen Stimmbelastungstest.

Vilkman et al. [105] ließen 80 gesunde Probanden beider Geschlechter über den Tag verteilt fünf mal zu je 45 Minuten einen Test lesen und untersuchten währenddessen die durchschnittlichen Grundfrequenzpegel, die durchschnittlichen Lautstärkepegel sowie andere objektive akustische Parameter.

Vintturi et al. [106] befragten 80 gesunde Probanden beider Geschlechter nach mehrmaligen über den Tag verteilten 40minütigen Stimmbelastungstests nach subjektiven Symptomen.

Linville [50] untersuchte 12 gesunde Frauen vor und nach einem Stimmbelastungstest stroboskopisch indem sie den Vokal „i“ 3 Sekunden lang zu drei verschiedenen Frequenzen und Lautstärkepegeln halten mussten. Beurteilt wurden Veränderungen der Stimmlippenkonfiguration (Länge der Öffnungszeit bzw. Schlusszeit).

5 Methoden

5.1 Überblick

Es sollte untersucht werden, wie die Stimmen von stimmgestörten Patienten auf eine Stimmbelastung reagieren. Zu diesem Zweck mussten die Patienten einen Text 15 Minuten lang in vorgegebener wechselnder Lautstärke lesen. Vor und nach dem Test sowie nach einer 30 - minütigen Stimmerholungspause nach Belastung wurden subjektive und objektive Tests zur Beurteilung der Stimmqualität durchgeführt. Als Kontrollgruppe dienten stimmgesunde Probanden.

5.2 Studienteilnehmer

An der Studie nahmen insgesamt 40 Personen teil.

28 davon sind Patienten, die sich in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie vorgestellt hatten.

Die jüngste Person in der Gruppe der Patienten ist 23, die älteste 70 Jahre alt. Der Altersdurchschnitt liegt bei 48 Jahren.

Von den Patienten sind 5 Personen männlich (17,9%;16,17,24,26,29)und 23 (82,1%) weiblich.

Die Kontrollgruppe umfasst 12 Personen. Der jüngste Proband in der Kontrollgruppe ist 22, die älteste 45 Jahre alt. Das Durchschnittsalter beträgt 30 Jahre.

In der Kontrollgruppe sind 4 Männer (33,3%; 1,5,7,12) und 8 Frauen (66,7%).

Von den Patienten haben alle eine funktionelle Dysphonie.

5.3 Versuchsaufbau:

1. Ausfüllen des Voice Handicap Index (s.u.)
2. Ausfüllen des Fragebogens zur subjektiven Wahrnehmung vor Belastung
3. Göttinger Heiserkeitsdiagramm(s.u.) vor Belastung
4. Stimmbelastungstest
5. Göttinger Heiserkeitsdiagramm nach Belastung
6. 30minütige Stimmerholung
7. Göttinger Heiserkeitsdiagramm nach Erholung

5.4 Der Voice-Handicap-Index (VHI)

Die Patienten bzw. Probanden wurden zunächst aufgefordert einen Voice Handicap Index auszufüllen. Im Folgenden ist dieser Index genau beschrieben.

Um die intrapsychische, kommunikative und soziale Bedeutung einer Stimmstörung erfassen zu können, sollte sich der Patient auch selbst einschätzen. Diese Aufgabe kann dadurch systematisch gelöst werden, dass ihm Probleme, die mit dem Gebrauch der Stimme zusammenhängen, vorgestellt werden. Er nimmt dazu Stellung, in dem er angibt, wie stark er von diesem Problem betroffen ist. Nach diesem Prinzip wurde der Voice Handicap Index (VHI) zur subjektiven Bewertung einer Stimmstörung durch den Patienten in den USA entwickelt. Er enthält 30 mögliche Probleme oder Aussagen, sogenannte Items, zur Erfassung der stimmbedingten Einschränkung oder Behinderung nach Einschätzung durch den Patienten selbst. Die Items zur Selbsteinschätzung werden in 3 Bereiche oder Subskalen mit je 10 Items unterteilt: funktionelle, physische und emotionale Aspekte der Stimmstörung. Jedes der 30 Items wird vom Patienten auf einer Skala von 0 bis 4 bewertet. Dabei sind Abstufungen zwischen nie (0), fast nie (1), manchmal (2), fast immer (3) und immer (4) möglich.

Die Übertragung in eine deutsche Fassung wurde an einer deutschen Patientenpopulation vorgestellt und validiert.

Eine Faktorenanalyse zur Strukturierung der Items führte zu 4 Faktoren, die inhaltlich als negative Stimmerfahrung, Selbstunsicherheit, mangelnde Tragfähigkeit der Stimme und negative Emotionalität interpretiert werden konnten.

Da bestimmten Items in den jeweiligen Bereichen, eine besonders hohe Ladung nachgewiesen werden konnte, konnte der VHI auf die 12 wichtigsten Items reduziert werden. Diese reduzierte Version des VHI erwies sich ebenfalls als intern konsistent und wurde in der vorliegenden Doktorarbeit eingesetzt.

Die mittleren VHI-Werte ließen sich nach den von den Patienten selbst eingeschätzten Schweregraden der Stimmstörung signifikant voneinander trennen[60].

Mit Hilfe des VHI sollte eine Einschränkung oder Behinderung durch die Stimme erfasst werden.

Die folgende Abbildung zeigt den von uns verwendeten VHI:



 Justus-Liebig-Universität Gießen	UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG GMBH	 Philipps-Universität Marburg																				
Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie Fachmedizin für Sprach-, Stimm- und kindliche Hörstörungen Direktorin: Prof. Dr. med. Rowitha Berger Standort Marburg																						
VHI-12																						
Name, Vorname:		Datum:																				
Geburtsdatum:	Beruf:	Diagnose:																				
Ich brauche meine Sprechstimme vorwiegend für		<input type="checkbox"/> meinen Beruf <input type="checkbox"/> Freizeitaktivitäten <input type="checkbox"/> Normale tägliche Unterhaltungen																				
Ich brauche meine Singstimme vorwiegend für		<input type="checkbox"/> meinen Beruf <input type="checkbox"/> Freizeitaktivitäten <input type="checkbox"/> nichts dergleichen, ich singe nicht																				
Ich schätze meine Gesprächigkeit so ein (bitte ankreuzen):																						
<table style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td colspan="3">stiller Zuhörer</td> <td colspan="4">normaler Sprecher</td> <td colspan="3">äußerst gesprächig</td> </tr> </table>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	stiller Zuhörer			normaler Sprecher				äußerst gesprächig		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
stiller Zuhörer			normaler Sprecher				äußerst gesprächig															
Bitte kreuzen sie an, was für Sie zutrifft:																						
		nie	selten	manchmal	oft	immer																
1	Bevor ich spreche, weiß ich nicht, wie meine Stimme klingen wird.	0	1	2	3	4																
2	Abends ist meine Stimme schlechter.	0	1	2	3	4																
3	Ich habe das Gefühl, dass ich mich anstrengen muss, wenn ich meine Stimme benutze.	0	1	2	3	4																
4	Wegen meines Stimmproblems bin ich weniger kontaktfreudig.	0	1	2	3	4																
5	Ich meide größere Gruppen wegen meiner Stimme.	0	1	2	3	4																
6	Ich fühle mich bei Unterhaltungen wegen meiner Stimme ausgeschlossen.	0	1	2	3	4																
7	Anderen fällt es schwer, mich in einer lauten Umgebung zu verstehen.	0	1	2	3	4																
8	Meine Familie hat Schwierigkeiten, mich zu hören, wenn ich zu Hause nach ihnen rufe.	0	1	2	3	4																
9	Man hört mich wegen meiner Stimme schlecht.	0	1	2	3	4																
10	Es ist mir peinlich, wenn man mich bittet, etwas zu wiederholen.	0	1	2	3	4																
11	Ich ärgere mich, wenn man mich bittet, etwas zu wiederholen.	0	1	2	3	4																
12	Ich schäme mich wegen meines Stimmproblems.	0	1	2	3	4																
Wie schätzen Sie ihre Stimme heute ein?																						
<table style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">normal</td> <td style="text-align: center;">leicht gestört</td> <td style="text-align: center;">mittegradig gestört</td> <td style="text-align: center;">hochgradig gestört</td> </tr> </table>							0	1	2	3	normal	leicht gestört	mittegradig gestört	hochgradig gestört								
0	1	2	3																			
normal	leicht gestört	mittegradig gestört	hochgradig gestört																			

Abbildung 8: Voice Handicap Index

5.5 Fragebögen zur subjektiven Wahrnehmung vor Belastung und nach Erholung

Jeweils vor dem SBT sowie nach der Erholungspause erhielten die Patienten und Probanden einen Fragebogen, in dem sie ihr aktuelles Befinden bezüglich ihrer Stimme auf einer visuellen Analogskala (Skala von 0-10; 0=gar nicht bis 10=sehr stark) eintragen konnten.

Die folgende Abbildung zeigt die von uns verwendeten Fragebögen:

<p>Name: _____ Datum: _____</p> <p>Vorname: _____</p> <p>Geb.datum: _____</p> <p>Fragebogen vor der Stimmbelastung</p> <p>Schätzen Sie auf der Skala von 0-10 (überhaupt nicht – sehr) ein, ob Sie folgende Symptome verspüren...</p> <p>...Brennen im Hals?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Trockenheit im Mund- Rachenraum?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Hustenreiz?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Verschleimung im Rachenraum?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Schluckbeschwerden?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p>	<p>Name: _____ Datum: _____</p> <p>Vorname: _____</p> <p>Geb.datum: _____</p> <p>Fragebogen nach der Stimmbelastung</p> <p>Hat Sie das Lesen Angestrengt?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>Schätzen Sie auf der Skala von 0-10 (überhaupt nicht – sehr) ein, ob Sie folgende Symptome verspüren...</p> <p>...Brennen im Hals?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Trockenheit im Mund- Rachenraum?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Hustenreiz?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Verschleimung im Rachenraum?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>...Schluckbeschwerden?</p> <p>Überhaupt nicht sehr</p> <p>0 5 10</p> <p>War es für Sie möglich, die vorgegebene Lautstärke zu erreichen (grüner Bildschirm)?</p> <p>Überhaupt nicht immer</p> <p>0 5 10</p>
--	--

Abbildung 9: Fragebögen vor und nach Stimmbelastung

Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm (GHD)

Jeweils vor und unmittelbar nach Stimmbelastung sowie nach einer 30minütigen Sprechpause wurde bei den Studienteilnehmern ein Heiserkeitsdiagramm zur objektiven Beurteilung der Stimmqualität durchgeführt. Im Folgenden ist das GHD genauer beschrieben.

Untersuchungen des Stimmschalls spielen eine wichtige Rolle in der phoniatischen Diagnostik, denn Krankheiten des Stimmapparates äußern sich vor allem durch Veränderungen des Stimmklanges: die Stimme klingt unrein bzw. "heiser". Die Beurteilung des Stimmklanges erfolgt heute noch überwiegend auditiv durch die untersuchende Person. Solche subjektiven Bewertungsverfahren ergeben jedoch oftmals uneinheitliche Urteile bei der Beurteilung durch verschiedene Untersucher. Zudem erfolgen die Klassifizierungen der Stimmgüte typischerweise auf recht grobstufigen Skalen. Automatische Verfahren dagegen haben die Vorteile, dass sie objektiv und reproduzierbar sind und auf kontinuierlichen Skalen erfolgen können.

Mit dem Göttinger Heiserkeitsdiagramm gelang es eine neue, verfeinerte objektive Stimmuntersuchungsmethode zu erschaffen, die sowohl in der Diagnosestellung als auch in der Therapie von Stimmstörungen eingesetzt werden kann.

Grundprinzip des Diagramms ist die Tatsache, dass Heiserkeit vereinfacht gesehen, als die Summe der zwei Komponenten Rauigkeit und Behauchtheit wahrgenommen wird. Diese Eindrücke sind an sich nicht messbar, können jedoch akustischen Parametern entgegengestellt werden.

So korreliert wahrgenommene Rauigkeit mit der Irregularität der Stimmlippenschwingungen und wahrgenommene Behauchtheit sehr stark mit Rauschen.

Das GHD als Computer gestützte Verfahren beschreibt die Stimmgüte - nach akustischer Signalanalyse - in einem zweidimensionalen Merkmalsraum, der von den beiden Komponenten Irregularität und Rauschen aufgespannt wird.

Im Folgenden werden die beiden Komponenten genauer beschrieben.

5.5.1 Die Irregularitätskomponente

Die Irregularitätskomponente setzt sich aus Jitter, Shimmer und Periodenkorrelation zusammen.

Jitter und Shimmer sind dabei die wichtigsten Maßzahlen, um die Irregularität der Stimmlippenschwingungen prozentual darzustellen.

Jitter ist ein statistisches Maß zur Beschreibung der Periodenlängenschwankungen in gehaltenen Vokalen und spiegelt die Stabilität der Grundfrequenz wieder. Eine normale Stimme hat einen Jitter von 0,1 bis 1 Prozent. Bei Patienten mit organischen Dysphonien kann man immer einen erhöhten Jitter verzeichnen (Klingholz, 1991).

Shimmer spiegelt die Stabilität des Lautstärkepegels (Maximalamplitude) wieder. Bei gesunden Stimmen liegt der Shimmer unter 2,5 Prozent.

Sowohl beim Jitter als auch beim Shimmer muß man daher einzelnen Grundperioden auffinden, um dann entweder die Amplitude oder Länge der Perioden zu berechnen.

Die Periodenkorrelation beschreibt das Maß der Ähnlichkeit von je zwei aufeinanderfolgenden Perioden.

5.5.2 Die Rauschkomponente

Die Rauschkomponente wird durch den GNE (Glottal to Noise-Excitation, Glottal-zu-Rauschanregung) bestimmt und quantifiziert.

Der GNE beschreibt den Anteil pulsartiger versus rauschartiger Stimmanregung und damit inwieweit die Stimme durch Stimmlippenschwingungen oder durch turbulentes Rauschen an der Glottis angeregt wird (57).

5.5.3 Bedeutung der Rausch- und Irregularitätskomponente

Eine hohe Irregularitätskomponente weist somit auf ein asymmetrisches Schwingungssystem hin, eine hohe Rauschkomponente auf einen schlechten Stimmlippenschluss.

Stimmstörungen, bei denen weder das Schwingungssystem noch der Stimmlippenschluss gestört sind, können nicht mit dem GHD beurteilt werden, da sie sich nicht von gesunden Stimmen unterscheiden lassen.

Aphone Stimmen dagegen, bei denen zwar starke Turbulenzen vorliegen, aber keine Grundfrequenzen erkennbar sind, können mit dem GHD dargestellt werden.

Die beiden Komponenten werden als unabhängige Größen in einem zweidimensionalen Graphen aufgespannt.

Die IK-Werte werden dabei auf einer Skala von 0 bis 10 (0 =gesunde Stimme bis 10 = äußerst pathologische/raue Stimme) auf der x-Achse, die RK-Werte auf einer Skala von 0 bis 5 (0=gesunde Stimme bis 5= äußerst pathologische/verhauchte Stimme) auf der y-Achse, dargestellt.

Stimmen werden in diesem Diagramm umso weiter vom Ursprung entfernt abgebildet, je stärker sie gestört sind.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel Auswertung des GHD aus unserer Studie:

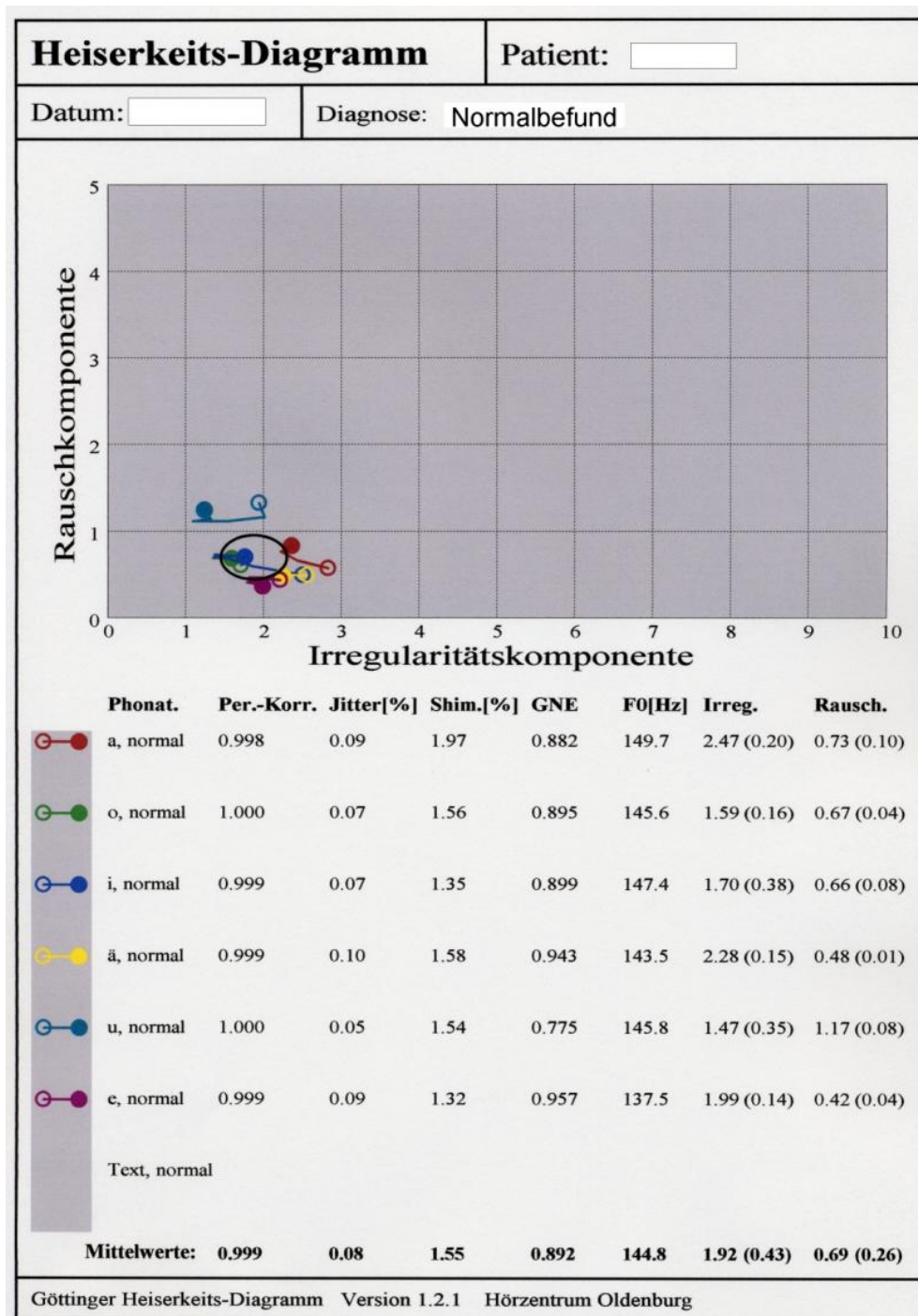


Abbildung 10: Beispiel eines GHD

5.5.4 Die Aufnahmeprozedur

In der vorliegenden Arbeit erfolgten die Aufnahmen in einem schallgedämpften Raum und wurden unter Verwendung eines Mikrofons mit Kopfhaltung und eines Vorverstärkers mit einem DAT-Rekorder aufgezeichnet.

Das Aufnahmeprotokoll umfasste nacheinander die Vokale a, o, i, u, ä, e, die in der mittleren Sprechstimmlage über 2-3 Sekunden bei normaler Lautstärke gehalten werden sollten.

Die mittlere Sprechstimmlage bezeichnet eine Tonhöhe, um die sich die Stimme beim Sprechen bewegt und von der sie kurzzeitig nach oben oder unten abweicht. Unter ungespannten Bedingungen entspricht sie somit der Indifferenzlage, dem physiologischen Bereich innerhalb des Tonhöhenumfangs, in dem mit geringstem Kraftaufwand mühelos gesprochen werden kann. Die Indifferenzlage liegt im unteren Drittel des Tonhöhenumfangs, ein Quarte bis Quinte über der unteren Grenze.

Änderungen der Stimmgüte können mit dem GHD sowohl für hochgradig gestörte wie z.B. für Patienten nach Tumorresektion als auch für leichte Stimmstörungen dargestellt werden.

Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm eignet sich besonders zur Verlaufskontrolle und Dokumentation von Stimmrehabilitationen [55-57].

5.6 Der Stimmbelastungstest (SBT)

Bei normalen Umgangslautstärken ist eine gesunde Stimme mindestens 6-8 h pro Tag belastbar. Stimmermüdungszeichen nach solchen Belastungsphasen sind als physiologisch zu werten. Treten diese früher auf, liegt eine Stimmstörung vor, die einer diagnostischen und therapeutischen Intervention bedarf.

Die folgende Tabelle zeigt die häufigsten Symptome einer Stimmermüdung nach Belastung:

– Schluckzwang	– Kloßgefühl
– Trockenheit im Hals	– Brennen
– Schleim	– Schmerz
– Druckgefühl	– Räusperzwang
– Hustenreiz	– Ermüden oder Versagen beim Sprechen
– Anstrengungsgefühl	– Umkippen der Stimme

Tabelle 3: Stimmermüdungssymptome nach Belastung

Der SBT überprüft die stimmliche Ausdauer- und Belastungsfähigkeit und liefert gleichzeitig wichtige Informationen zur Stimmkonstitution. Er muss dabei so definiert werden, dass die reale Stimmbelastungsgrenze in kurzer Zeit erreicht wird.

In der vorliegenden Doktorarbeit wurde der Stimmbelastungstest der Firma Xion medical unter dem Divas 2.0 Programm verwendet. Dabei wurden der Schalldruckverlauf sowie die Über- und Unterschreitungen des Soll-Schalldruckpegels ermittelt.

Bei diesem SBT mussten die Studienteilnehmer einen Text 15 Minuten lang lesen und dabei bestimmte Lautstärken erreichen. Ob die gewünschte Lautstärke erreicht wurde, konnten die Leser anhand des vor ihnen stehenden Bildschirms registrieren, der bei Unterschreitungen des gewünschten Lautstärkepegels rot wurde und bei Einhalten des Pegels bzw. Überschreitungen grün blieb.

Der Patient bzw. Proband trug beim Lesen ein starres Mikrofon-Headset mit einem Mund zu Mikrofon-Abstand von 30 cm. Dieser Abstand war nicht veränderbar, d.h. bei allen Studienteilnehmern gleich. Als Lesetext wurde der das Märchen „Der tapfere Schneiderlein“ der Gebrüder Grimm ausgesucht. Bei der Textauswahl wurde darauf geachtet einen Text zu nehmen, der keine komplizierten Fachausdrücke verwendet, bei denen die Leser ins Stocken geraten könnten und dadurch Sprechpausen entstehen könnten. Nach einer kurzen Einführung in das Programm und einem kurzem Leseprobelauf, bei dem sich die Leser an die geforderten Lautstärken gewöhnen konnten wurde vom Versuchsleiter das Kommando zum Lesen gegeben.

Durchgeführt wurde ein Wechseltest, d.h. der zu erreichende Schalldruckpegel betrug in den ersten 5 Minuten 70 dB, in den nächsten 5 Minuten 75 dB und in den letzten 5 Minuten wieder 70 dB.

Über die Farbe des Bildschirms konnten die Leser kontrollieren ob sie die gewünschte Lautstärke erreichen. Der Wechsel nach den ersten 5 Minuten von 70 dB auf 75 dB, sowie den zweiten Wechsel nach 10 Minuten von 75 dB auf 70 dB konnten die Leser dabei am oberen linken Bildschirmrand erkennen, wo immer der aktuell geforderte Lautstärkepegel angegeben war.

Während des Tests saß der Versuchsleiter neben dem Leser im Raum und notierte seinen subjektiven Eindruck der Stimme des Lesers, d.h. eventuelle sichtbare (z.B. Rötung im Gesicht) bzw. hörbare(z.B. Rauigkeit der Stimme) Veränderungen. Während

des Lesens wurden vom Computer in Intervallen von jeweils einer Minute der durchschnittlich erreichte Lautstärkepegel (MW SPL), die Standardabweichung der erreichten Lautstärkepegel (S SPL), die durchschnittlich gemessene Frequenz in jeder Minute (MW Frequenz) sowie deren Standardabweichung sowie die Anzahl der Sekunden in jeder Minute, in denen der geforderte Pegel nicht erreicht werden konnte (Failure).

Die prozentuale Pegelunterschreitung pro Belastungsstufe, der tatsächlichen Schallpegel über die Zeit mit Über- und Unterschreitungen und die mittlere Sprechstimmlage je Belastungsstufe konnten im SBT graphisch angezeigt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen eine solche graphische Darstellung der Parameter im zeitlichen Verlauf von drei verschiedenen Personen im SBT:

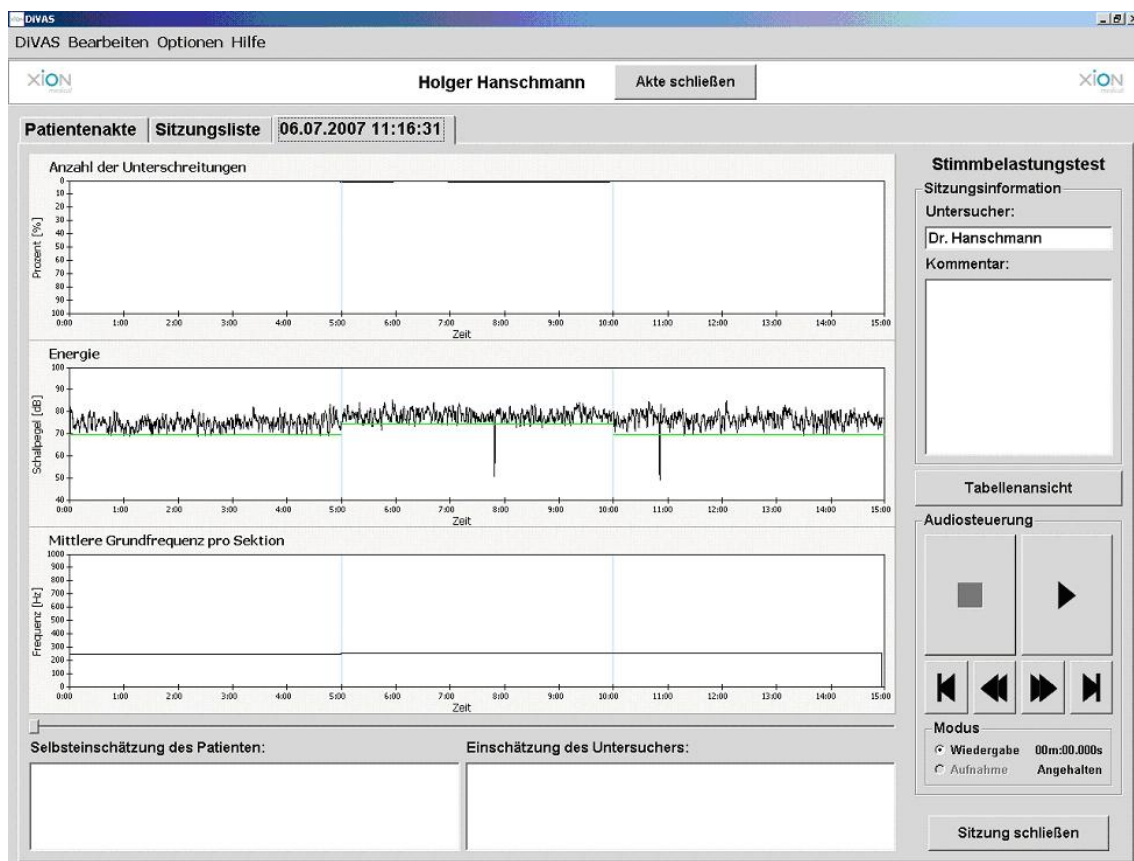


Abbildung 11a: : Screenshot des SBT, Divas 2.0 der Firma Xion medical



Abbildung 11b: Screenshots des SBT, Divas 2.0 der Firma Xion medical

Zusätzlich kann im SBT eine automatisch generierte Statistik in Form einer MS Excel[®]-Tabelle abgerufen werden, die die genannten Werte für alle 15 Minuten einzeln beinhaltet.

Nach Beendigung der 15 Minuten schaltete der Test sich von automatisch aus.

Nachfolgend werden die einzelnen Analysen und Verfahren näher beschrieben.

5.6.1 Zeitbewertung des Audiosignals

Der bewertete Schalldruckpegel ist weder eine physiologische noch eine physikalische Messgröße. Unter der Berücksichtigung gewisser Eigenschaften des menschlichen Gehörs beruht er in objektiv festgelegter und reproduzierbarer Weise auf der physikalischen Größe Schalldruckpegel.

Es wird zwischen Frequenzbewertungskurven und Zeitbewertungskurven unterschieden.

Wegen der vielen möglichen Kombinationen von Zeit- und Frequenzbewertung kennzeichnet man Messwerte durch Indices, z.B. dB(A) - bewerteter Schallpegel mit Zeitbewertung F.

Bewertungskurven (A und B nach IEC/DIN 651) sind die Kurven von Bewertungsfiltern, die auf das Schalldrucksignal angewendet werden. Sie sollen für eine ganz bestimmte Lautstärke ein ähnliches Frequenzverhalten wie das menschliche Ohr darstellen.

Der Schallpegelverlauf wird durch verschiedene Zeitkonstanten zeitbewertet. Dabei wird zwischen drei Einstellungen unterschieden:

- * Slow (S): Zeitkonstante $t(\text{ein}) = 1000 \text{ ms}$
- * Fast (F): Zeitkonstante $t(\text{ein}) = 125 \text{ ms}$
- * Impuls (I): Zeitkonstanten $t(\text{ein}) = 35 \text{ ms}$, $t(\text{aus}) = 1500 \text{ ms}$

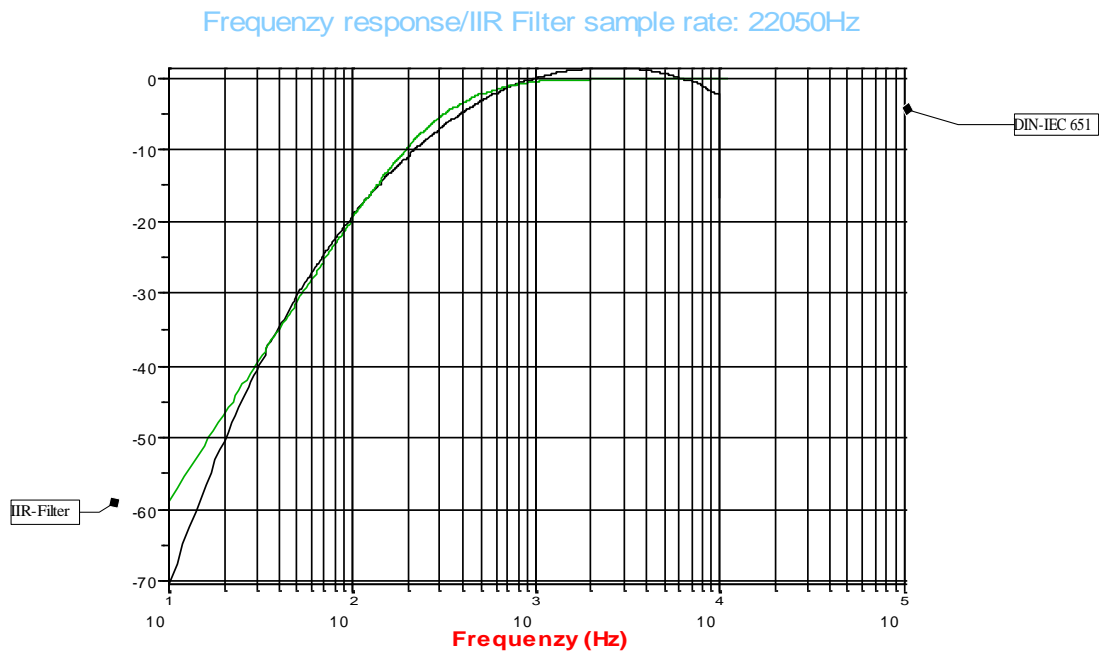


Abbildung 12: dB(A) Filter (Xion medical, Germany)

5.6.1.1 Schalldruck

Der Schalldruck wird als A-bewerteter Schallpegel und Zeitbewertung Slow dargestellt.

5.6.2 Bewertung Über/Unterschreitung des Soll-Pegels

Wenn der Slow bewertete Pegel länger als 2,5 Sekunden unter den vorgegebenen Pegel fällt wird dies als Unterschreitung gewertet. Dieser Wert erlaubt Sprech- und Atempausen, welche nicht in die Auswertung einfließen.

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Subjektive Untersuchungsergebnisse

6.1.1 VHI

6.1.1.1 Berufliche Sprechbelastung

Anhand des VHI-Bogens konnten Patienten bzw. Probanden angeben welchen Beruf sie ausüben. Da bestimmte Berufsgruppen mit einer höheren beruflichen Sprechbelastung verbunden sind, können sie einer höheren Sprechbelastung zugeordnet werden. Die folgende Tabelle zeigt die Studienteilnehmer mit ihrem dazugehörigem Beruf und der entsprechenden Sprechbelastung (N=niedrig, M=mittel, H=hoch).

PID	Beruf	Sprechbelastung
1	Medizinstudent	N
2	Logopädieausbildung	M
3	Medizinstudent	N
4	Arzt	M
5	Lehramtsstudent	M
6	Logopädieausbildung	M
7	Medizinstudent	N
8	Sekretärin	M
9	Logopädieausbildung	M
10	Logopädieausbildung	M
11	Medizinstudent	N
12	Arzt	M
13	Lehrerin	H
14	Verwaltungsangestellte	N
15	Lehrerin	H
16	Lehrer	H
17	Psychiater	M
18	Lehrerin	H
19	Erzieherin	H
20	Lehrerin	H
21	Juristin	M

22	Verwaltungsangestellte	N
23	Speditonskauffrau	M
24	Gießereiarbeiter	N
25	Lehrerin	H
26	Lehrer	H
27	Erzieherin	H
28	Krankenschwester	M
29	Diplom-Kaufmann	M
30	Verwaltungsangestellte	N
31	Bürokauffrau	N
32	Lehrerin	H
33	Lehramtsstudent	M
34	Lehrerin	H
35	Logopädin	H
36	Hausfrau	N
37	Verkauf(selbstständig)	M
38	Lehramtsstudent	M
39	Lehramtsstudent(Refendariat)	H
40	Call-Center	H

Die Zuordnung zu einer entsprechenden Sprechbelastung erfolgte nach dem folgenden Model, das sich an die Aufteilung nach Vilkman [103] anlehnt.

Niedrige Sprechbelastung	Laboranten, Bibliothekare, Hausfrau, Medizinstudenten, Büroangestellte, Verwaltungsangestellte
Mittlere Sprechbelastung	Bankangestellte, Büroangestellte, Ärzte, Anwälte, Pflegepersonal, Lehramtsstudenten, Logopädienschüler
Hohe Sprechbelastung	Lehrer, Erzieher, Telefonisten, Priester, Lehramtsstudenten im Refendariat Logopäden

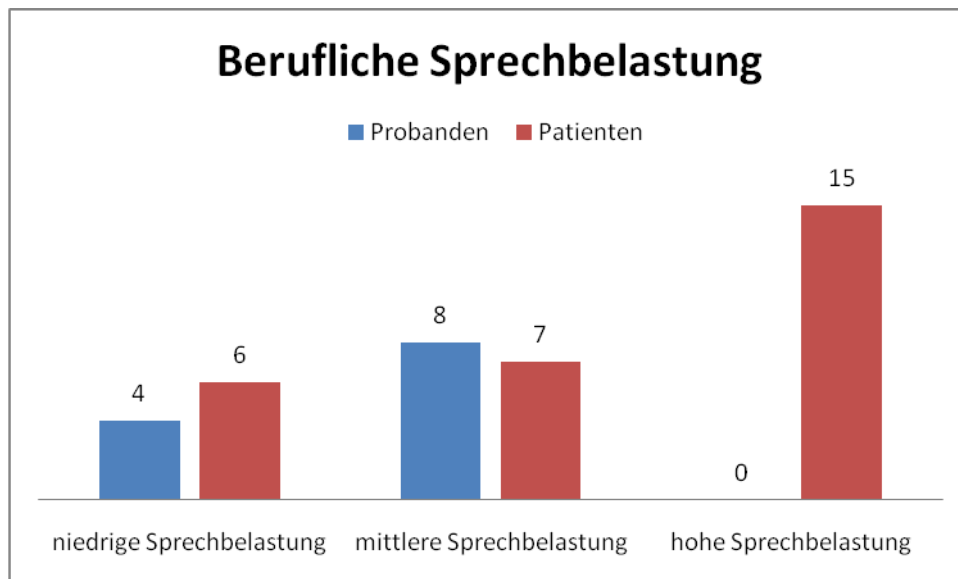


Abbildung 13: Anzahl der Personen mit entsprechender beruflicher Sprechbelastung, Probanden versus Patienten

Die Verteilung zeigt, dass Kranke im untersuchten Kollektiv einer höheren Sprechbelastung ausgesetzt sind. Der Unterschied in der Verteilung ist signifikant ($p=0,017$).

53,6 % der Patienten in unserer Studie gehören zur Gruppe mit hoher beruflicher Stimmbelastung. In dieser Gruppe sind Lehrer überdurchschnittlich häufig vertreten (60%). Es gibt zahlreiche Studien, die belegen, dass Lehrer einer höheren Sprechbelastung ausgesetzt sind als die Allgemeinbevölkerung [70, 89, 95, 103].

Unsere Ergebnisse belegen somit, dass stimmgestörte Personen oft einer hohen beruflichen Stimmbelastung ausgesetzt sind bzw. dass hohe berufliche Stimmbelastung gehäuft mit Stimmstörungen einhergeht.

6.1.1.2 Faktorenanalyse

Die Auswertung des VHI erfolgt nach Nawka [60] mit Hilfe eines Gesamtscores: dabei werden die Punkte aller Faktoren zusammengezählt und anschließend nach dem folgenden Schema bewertet:

Punkte	Handicap
0 - 7	kein
8 - 14	geringes
15 - 22	mittelgradiges
23 - 48	hochgradiges

Tabelle 5: Punktzahlen im VHI und entsprechendes Handicap

Die Auswertung ergab folgende Verteilung:

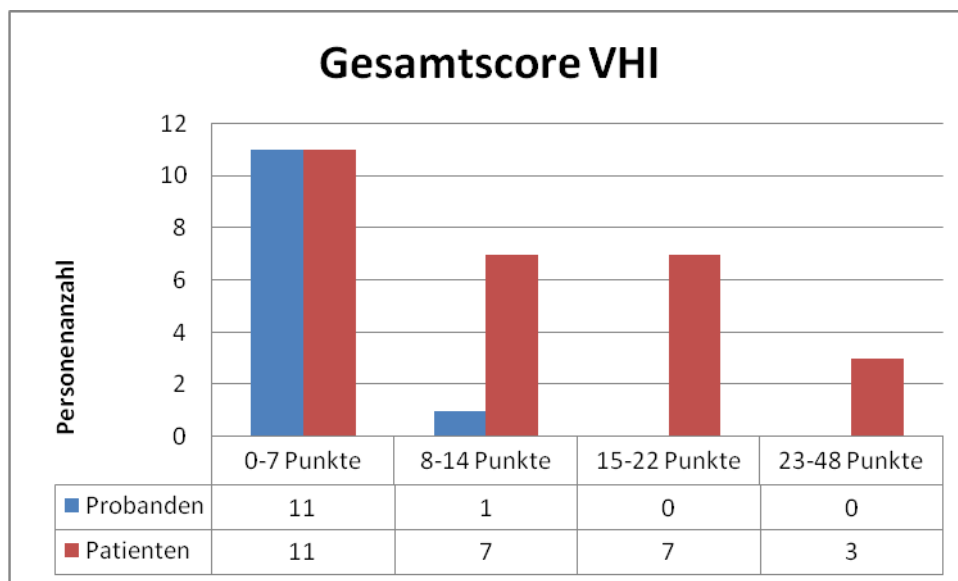


Abbildung 14: Punktzahl im VHI, Probanden versus Patienten

	Probanden	Patienten
Kein Handicap	91,7%	39,3%
Geringes Handicap	8,3%	25%
Mittelgradiges Handicap	-	25%
Hochgradiges Handicap	-	10,7 %

Tabelle 6: Prozentuale Anteile der Probanden und Patienten mit Handicap im VHI

Die Auswertung zeigt, dass Patienten im Durchschnitt einen höheren VHI-Score haben. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p=0,000$).

Viele andere Studien fanden ebenfalls einen statistisch relevanten Unterschied im VHI zwischen Personen mit und ohne Stimmbeschwerden, wobei Personen mit Stimmbeschwerden signifikant höhere Summen erreichten [51, 97, 110].

Niebudek et al. [63] fanden unter 51 untersuchten Lehrerinnen bei 66 % ein mittelgradiges Handicap im VHI.

Personen in stimmintensiven Berufen weisen auch in unserer Studie besonders hohe VHI-Werte auf.

In unserer Studie fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Patienten- und Probandengruppe. Auch andere Studien fanden keinen signifikanten Unterschied im Outcome des VHI zwischen den Geschlechtern [1, 43, 51].

Das Ergebnis bestätigt somit, dass der VHI ein geeignetes Instrument zur Beurteilung der biopsychologischen Auswirkung einer Dysphonie und unabhängig vom Geschlecht ist [43].

6.1.1.3 „Stimme heute“

Die Studienteilnehmer konnten im VHI angeben wie sie ihre Stimme am Untersuchungstag empfinden. Dabei mussten sie auf einer Skala von 0 (=normale Stimme) bis 3 (=hochgradig gestörte Stimme) ein Kreuz setzen.

Die folgende Abbildung und die Tabellen zeigen die unterschiedliche Verteilung bei Probanden und Patienten:

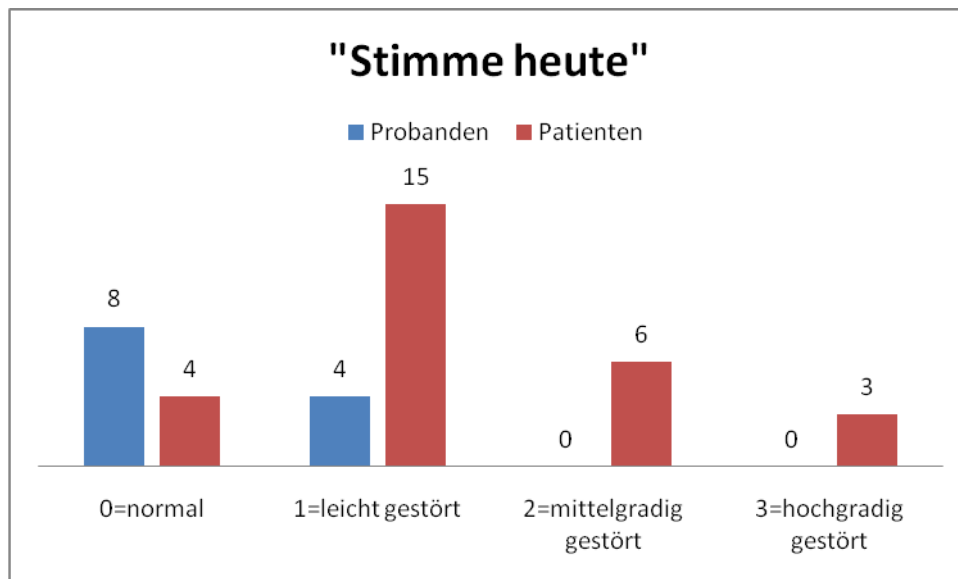


Abbildung 15: Stimmbefinden am Tag der Untersuchung, Anzahl der Probanden versus Anzahl der Patienten

	Probanden	Patienten
Normale Stimme	66,7%	14,3%
Leicht gestörte Stimme	33,3%	53,6%
Mittelgradig gestörte Stimme	-	21,4%
Hochgradig gestörte Stimme	-	10,7%

Tabelle 7: Prozentualer Anteil der Probanden und Patienten am jeweiligen Stimmbefinden

	Probanden	Patienten
Durchschnitt	0,33	1,29
Median	0,00	1,29
Standardabweichung	0,492	0,854

Tabelle 8: Stimmbefinden am Untersuchungstag (Skala von 0-3)

Die Tabellen zeigen, dass kranke Personen am Untersuchungstag im Durchschnitt ein schlechteres Stimmbefinden als Gesunde hatten. Diese unterschiedliche Verteilung ist signifikant ($p=0,001$).

Vorherige Studien belegen, dass Personen mit hoher Sprechbelastung häufiger an Symptomen der Stimmstörung leiden, als die Allgemeinbevölkerung:

Sliwinska-Kowalska et al. [91] fanden heraus, dass die Lebenszeitprävalenz für Stimmstörungssymptome bei Lehrern fast doppelt so hoch ist wie in der Allgemeinbevölkerung (69% gegenüber 36%). Die Lehrer litten vor allem an Berufsdysphonien und hyperfunktionellen Dysphonien (32,7% der Lehrer versus 9,6% in der Kontrollgruppe). Des Weiteren beobachteten sie, dass die Prävalenz selbst gemeldeter Stimmbeschwerden unter Lehrerinnen 2 bis 3 mal höher war als unter Nicht-Lehrerinnen.

Die Studie von Roy N et al. [77] kam zu ähnlichen Ergebnissen: so betrug die Prävalenz eines in der letzten Zeit gemeldeten Stimmproblems 11% bei Lehrern versus 6,2% in der Kontrollgruppe. Die Lebenszeitprävalenz für eine Stimmstörung betrug bei Lehrern 57,7% gegenüber 28,8% in der Kontrollgruppe. Die Studie zeigte auch, dass Frauen eine höhere Lebenszeit-Prävalenz für Stimmstörungen als Männer haben (46,3% versus 36,9%).

Die Frage nach dem Stimmbefinden am Untersuchungstag ist eine sinnvolle Ergänzung im VHI, um das subjektive Befinden zu erfassen und Aussagen über das Ausmaß des Stimmbefindens zu treffen. Von besonderem Interesse ist der Vergleich mit den objektiven Untersuchungsergebnissen (siehe unten).

6.1.2 Fragebogen 1 (vor Belastung)

Die Symptome Brennen, Trockenheit, Hustenreiz, Verschleimung und Schluckbeschwerden wurden anhand einer visuellen Analogskala vor und nach dem Belastungstest von 0 (gar nicht) bis 10 cm (sehr stark) bewertet. Bei allen Symptomen gaben die Patienten im Durchschnitt höhere Werte an. Bei den Patienten war das Symptom Trockenheit im Durchschnitt am stärksten vorhanden, bei den Probanden die Verschleimung.

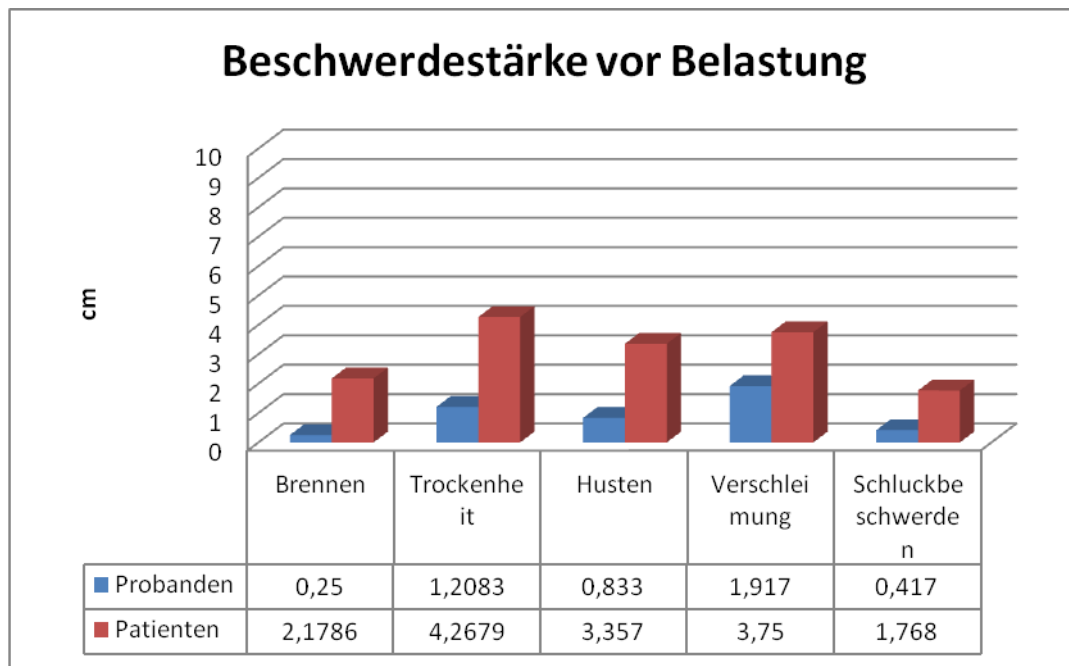


Abbildung 16: Durchschnittliche Beschwerdestärke in cm im Fragebogen 1 (=vor Belastung), Probanden versus Patienten

Wie die folgenden Tabellen zeigen besteht bei allen Symptomen ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten und Probanden, wobei Patienten im Durchschnitt bei allen Symptomen höhere Werte auf der Analogskala ankreuzten:

	Signifikanz
Brennen	0,003
Trockenheit	0,001
Hustenreiz	0,002
Verschleimung	0,035
Schluckbeschwerden	0,018

Tabelle 9: Signifikanz im Fragebogen 1, Probanden versus Patienten

Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der Symptome, die die Probanden bzw. Patienten vor Belastung Angaben:

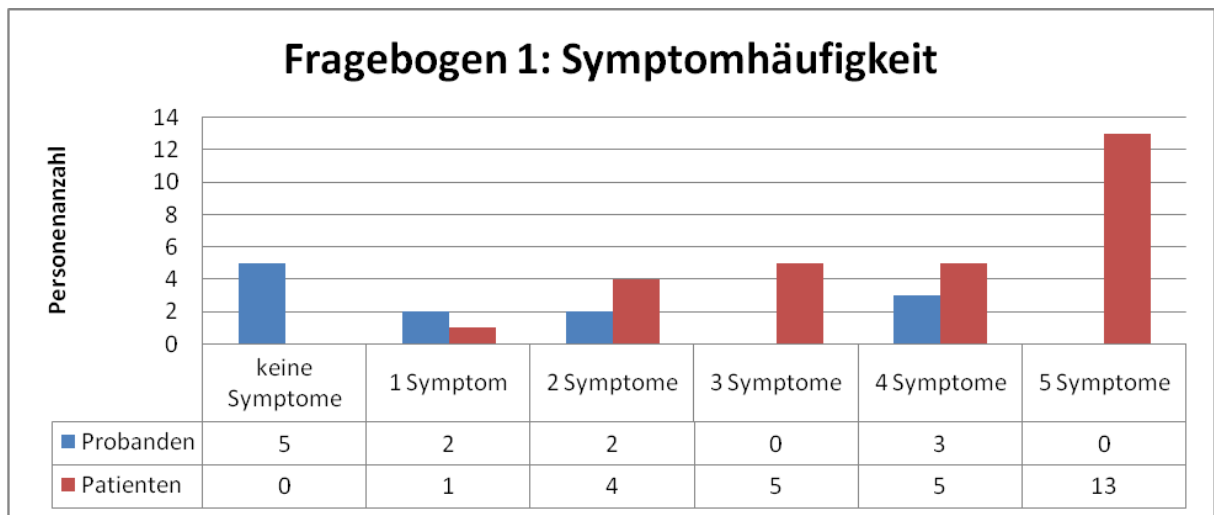


Abbildung 17: Anzahl der Symptome die Probanden und Patienten im Fragebogen vor Belastung verspürten

Die Tabelle zeigt, dass alle Patienten mindestens 1 Symptom verspüren, während bei den Probanden 5 gar keine Symptome angaben. Auffällig ist auch, dass die Mehrzahl der Patienten alle 5 Symptome verspürte, während dies bei den Probanden bei keiner Person der Fall war.

Um zu veranschaulichen, wie viele Punkte bzw. Zentimeter (visuelle Analogskale mit 50 cm als maximale Beschwerdestärke) insgesamt vergeben wurden, wurde eine Einteilung wie folgt vorgenommen:

F1- 0 = Fragebogen 1 mit 0 cm gesamt = keine Beschwerden

F1 -1 = Fragebogen 1 mit 1-10 cm gesamt = geringgradige Beschwerden

F1 -2 = Fragebogen 1 mit 11-30 cm gesamt = mittelgradige Beschwerden

F1 -3 = Fragebogen 1 mit 31-50 cm gesamt = starke Beschwerden

Demnach sah die Verteilung wie folgt aus:

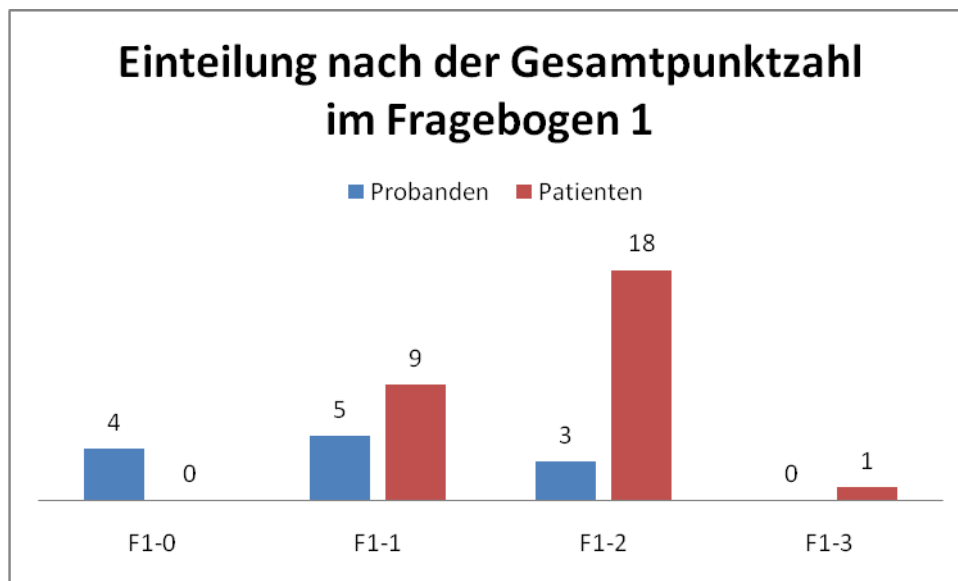


Abbildung 18: Gesamtpunktzahl im Fragebogen vor Belastung, Probanden versus Patienten

Die Tabelle zeigt, dass die Patienten deutlich stärker die Beschwerden verspürten.

	Durchschnitt	Median	StAb
Probanden	4,63	2	5,45
Patienten	15,32	15,25	8,69

Tabelle 10: Gesamtpunkte im Fragebogen 1

Simberg et al. [87] ließen Studenten verschiedener Fachrichtungen Fragebögen zu Stimmstörungssymptomen ausfüllen. Sie fanden heraus, dass Lehramtsstudenten signifikant häufiger Stimmstörungssymptome verspürten.

In einer weiteren Studie Simbergs [88] beklagten 20% der untersuchten Lehramtsstudenten subjektive Beschwerden.

Unsere Daten belegen somit, dass Personen mit Stimmstörungen bzw. Personen mit häufiger an Stimmermüdungssymptomen leiden bzw. diese als stärker empfinden als die Allgemeinbevölkerung.

6.1.3 Fragebogen 2 (nach Belastung)

Auch nach der Belastung verspürten die Patienten im Durchschnitt stärkere Beschwerden als die Probanden. Das Symptom Trockenheit wurde im Durchschnitt bei beiden Gruppen am höchsten bewertet.

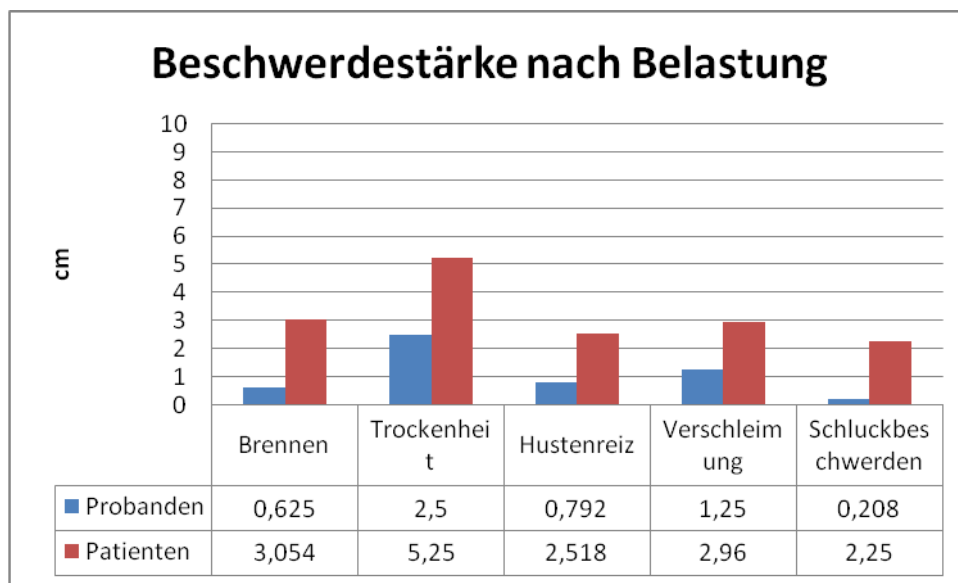


Abbildung 19: Durchschnittliche Beschwerdestärke in cm im Fragebogen 2 (nach Belastung), Probanden versus Patienten

Auch nach Belastung besteht hinsichtlich aller Symptome ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten und Probanden:

	Signifikanz
Brennen	0,003
Trockenheit	0,005
Hustenreiz	0,034
Verschleimung	0,009
Schluckbeschwerden	0,024

Tabelle 11: Symptome nach Belastung und entsprechende Signifikanz zwischen Patienten und Probanden

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl der Symptome, die die Probanden bzw. Patienten nach Belastung verspürten:

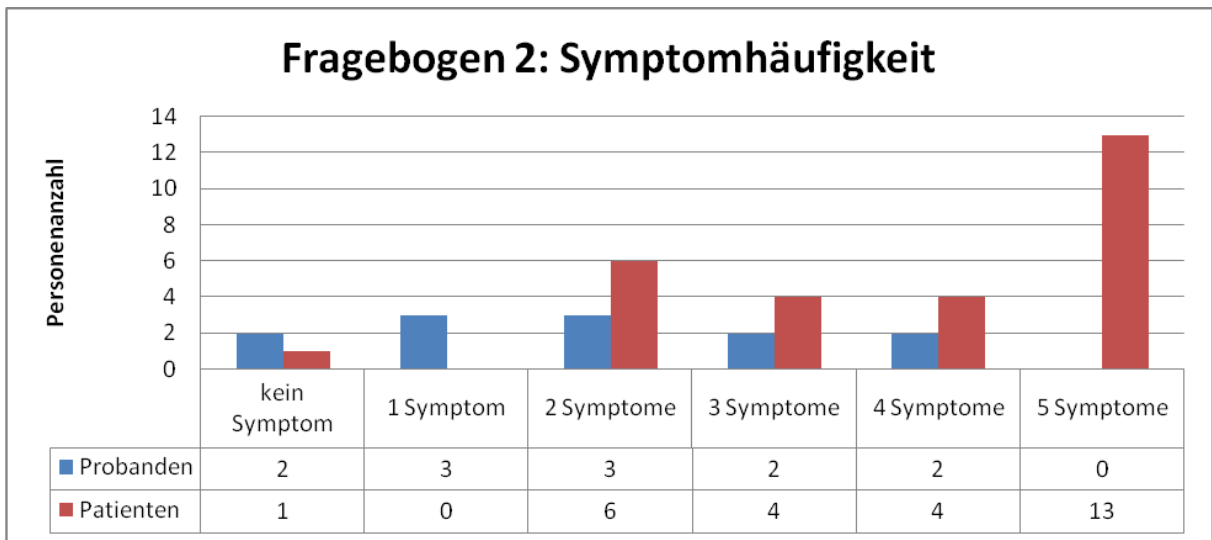


Abbildung 20: Anzahl der Symptome die Probanden und Patienten im Fragebogen nach Belastung verspürten

Auch nach Belastung gab es keine Person unter den Probanden, die alle 5 Symptome verspürte, während dies bei den Patienten die große Mehrheit war. Nur ein Patient gab keine Symptome an.

Wie stark die Symptome verspürt wurden, zeigt die folgende Tabelle:

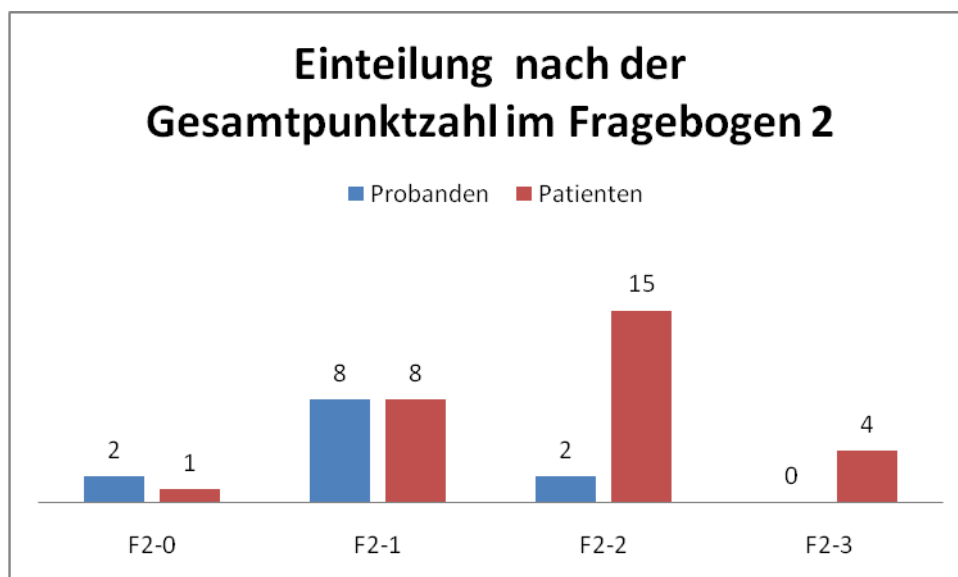


Abbildung 21: Gesamtpunktzahl im Fragebogen vor Belastung, Probanden versus Patienten

	Durchschnitt	Median	StAb
Gesunde	5,38	3,5	5,02
Kranke	16,04	13	10,27

Tabelle12: Gesamtpunktzahl im Fragebogen 2

Sliwinska-Kowalska et al. [92] beobachteten, dass nach einer Stimmbelastung alle Lehramtsstudenten über Stimmermüdungssymptome klagten. Am häufigsten über Heiserkeit und Trockenheit im Halsbereich.

Vitturi et al. [106] untersuchten Studenten beider Geschlechter auf verschiedene subjektive Beschwerden nach einem ausgedehnten Stimmbelastungstest. Am häufigsten fanden sich dabei Trockenheit im Rachen-und Halsbereich sowie andere Symptome im Halsbereich.

Die Ergebnisse unserer Studie decken sich mit diesen Ergebnissen, das auch in unserer Studie die Trockenheit im Halsbereich am stärksten empfunden wurde.

Laukanen et al. [46] untersuchten männliche Lehrer vor und nach ihrem Arbeitstag auf subjektive Beschwerden. Dabei unterteilten sie die Lehrer in eine Gruppe, die oft an Stimmermüdungssymptomen litt und eine die seltener Symptome verspürte. Erstere beklagte nicht nur signifikant häufiger Stimmermüdungssymptome, die Symptome nahmen auch im Vergleich vor und nach der Arbeit signifikant zu. Unsere Studie kommt zu einem ähnlichen Ergebnis.

Laukanen et al. [47] untersuchten in einer anderen Studie Lehrerinnen und beobachteten auch bei ihnen eine statistisch signifikante Zunahme der subjektiven Symptome nach dem Arbeitstag.

Die Fragebögen sind eine geeignete Methode um das Ausmaß und die Art der Stimmbeschwerden zu erfassen. Mit dieser Methode können Unterschiede zwischen stimmgestörten und stimmgesunden Personen aufgezeigt werden.

6.1.3.1 Leseanstrengung

Auf dem Fragebogen nach Belastung musste auf einer visuellen Analogskala auch die Leseanstrengung von 0 (gar nicht anstrengend) bis 10 cm (sehr anstrengend) bewertet werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Durchschnitts- und Medianwerte für Probanden und Patienten:

	Probanden	Patienten
Durchschnitt	3,042	5,929
Median	2,25	7,00
StAb	2,0721	2,6517

Tabelle 13: Empfundene Leseanstrengung nach Belastung

Wie die Tabelle zeigt haben Patienten im Durchschnitt das Lesen als anstrengender empfunden. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p=0,002$).

Zur genaueren Analyse wurde eine Einteilung wie folgt durchgeführt:

- L-0: 0 Punkte = keine Anstrengung
- L-1: 1-3 Punkte = leichte Anstrengung
- L-2: 4-6 Punkte = mittlere Anstrengung
- L-3: 7-10 Punkte = starke Anstrengung

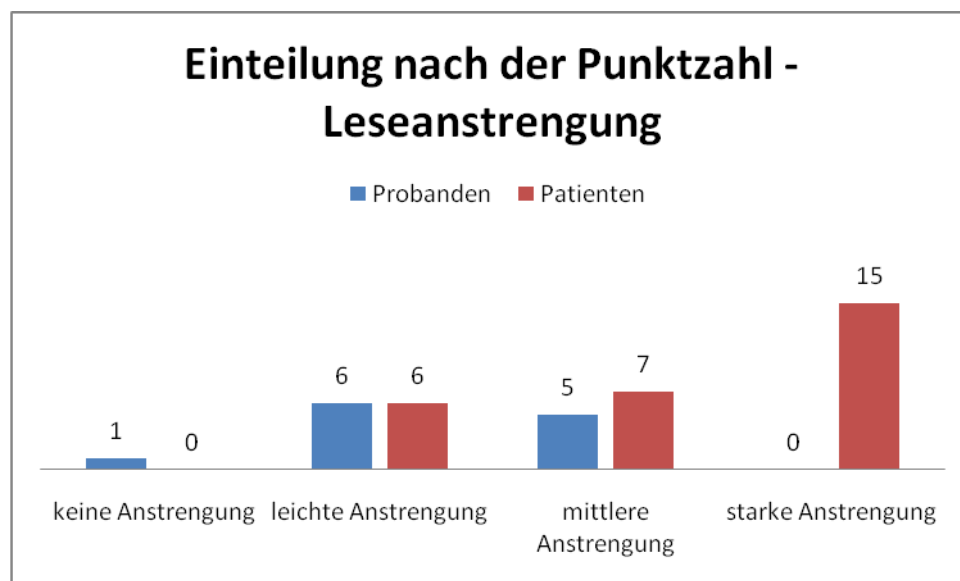


Abbildung 22: Anzahl an Probanden und Patienten eingeteilt nach vergebenen Punkten

Sowohl Patienten als auch Probanden empfanden die Stimmbelastung als anstrengend, wobei auffällt, dass die über die Hälfte der Patienten den Test als starke Anstrengung(L-3) empfanden, während dies bei den Probanden keiner tat. Die von uns gewählte Stimmbelastung empfinden stimmgestörte Patienten als hohe Belastung. Es lassen sich auch mit dieser Methode Aussagen zum Status: stimmgestört oder stimmgesund, treffen.

6.1.3.2 Lautstärke

Ebenfalls auf dem Fragebogen 2 musste beurteilt werden inwieweit die gewünschte Lautstärke nach eigener Einschätzung eingehalten werden konnte. Dazu wurde auf einer visuellen Analogskala von 0 (überhaupt nicht) bis 10(immer) ein Kreuz gesetzt.

Die folgende Tabelle zeigt, dass die Patienten im Durschnitt weniger empfanden, dass sie die geforderte Lautstärke erreicht haben:

	Probanden	Patienten
Durchschnitt	8,167	6,089
Median	8,5	6,5
StAb	1,736	2,972

Tabelle 14: Einschätzung der Lautstärkeeinhaltung

Auffällig ist, dass die Gesunden als niedrigsten Wert eine 5 kreuzten während dies bei den Kranken die 0 war.

Diese unterschiedliche Verteilung weist eine statistische Signifikanz auf ($p=0,035$).

Zur genaueren Analyse wurde auch hier eine Einteilung vorgenommen:

0 Punkte = Lautstärke konnte nie erreicht werden

1-4 Punkte = Lautstärke konnte selten erreicht werden.

5-8 Punkte = Lautstärke konnte meistens erreicht werden.

9-10 Punkte = Lautstärke konnte so gut wie immer erreicht werden.

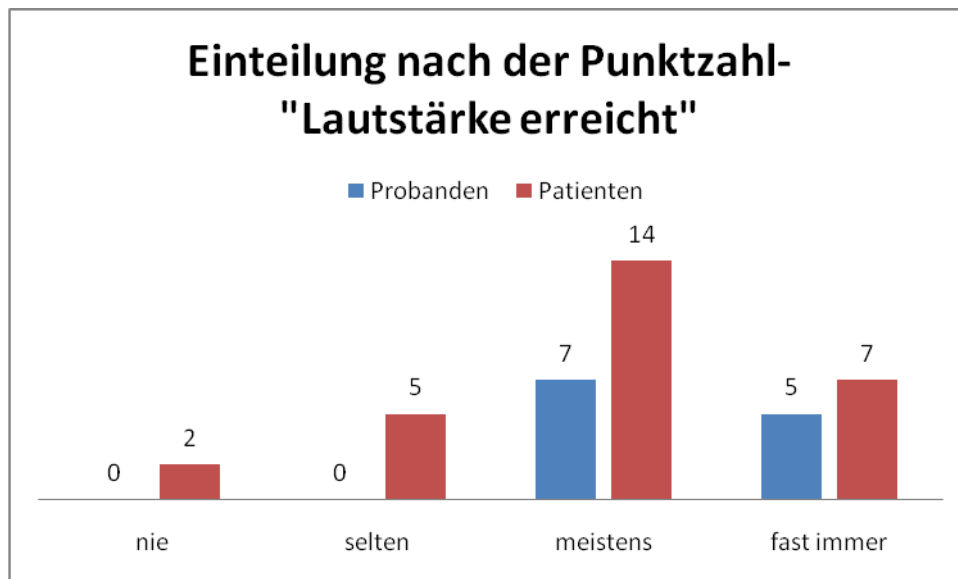


Abbildung 23: Anzahl der Probanden und Patienten eingeteilt nach Einschätzung der eigenen Lautstärkeeinhaltung

Dies könnte daran liegen, dass Patienten in der Vergangenheit mehrfach negative Stimmerfahrungen gesammelt haben und dadurch ein ausgeprägteres mangelndes Selbstbewusstsein entwickelt haben.

Nawka et al. [60] fanden in ihrer Faktorenanalyse des VHI heraus, dass besonders bei den Faktoren „negative Stimmerfahrung“ und „Selbstunsicherheit“ sehr starke Signifikanzunterschiede zwischen Patienten und Probanden vorlagen, wobei die Probanden bei beiden Faktoren besser abschnitten bzw. ihre Punktzahlen hier besonders niedrig im Gegensatz zu den Patienten waren.

6.2 Objektive Stimmuntersuchungsergebnisse

6.2.1 Stimmbelastungstest

Beim Stimmbelastungstest wurde die durchschnittlich erreichte Lautstärke, die durchschnittliche Frequenz sowie die Failure (Unterschreitungen in Sekunden) beurteilt.

6.2.1.1 Durchschnittlich erreichte Lautstärke (dB)

Die folgende Abbildung zeigt den durchschnittlichen Lautstärkepegel im SBT im zeitlichen Verlauf:

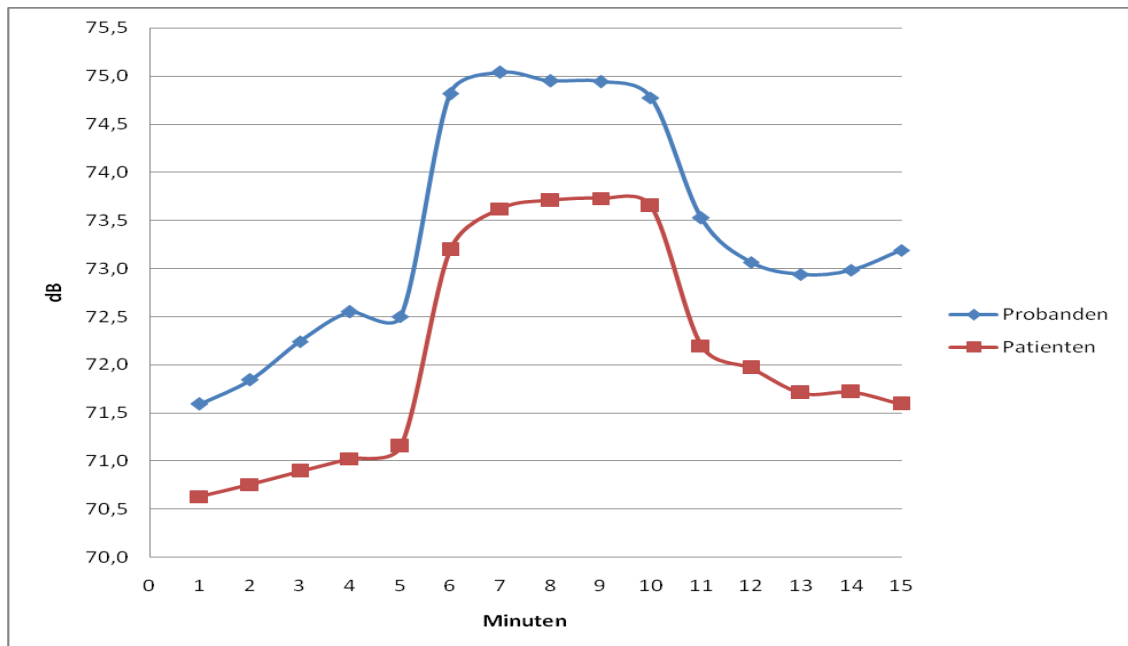


Abbildung 24: Probanden versus Patienten - Durchschnittlicher Lautstärkepegel im SBT im Verlauf

Die Patienten haben im Durchschnitt in jeder Minute niedrigere Lautstärkepegel erreicht. Dieser Unterschied ist in der 3. bis 9. Minute sowie der 15. Minute statistisch signifikant. Auffällig ist dabei, dass in den Minuten 6 bis 10, die die höchste Belastung darstellten, die Probanden signifikant lauter lesen. Die Probanden scheinen der Belastung von 75 dB mehr gewachsen zu sein als die Patienten. Der SBT eignet sich demnach, insbesondere bei einer Lesebelastung von 75 dB, Probanden von Patienten zu unterscheiden.

In den ersten 5 Minuten nimmt die MSPL bei Patienten und Probanden von Minute zu Minute zu, was auf ein verstärktes Bemühen hindeuten kann. Vergleicht man die ersten 5 Minuten zu 70dB mit den letzten 5 Minuten zu 70 dB, so fällt auf, dass der Lautstärkepegel in den letzten 5 Minuten in beiden Gruppen höher ist als in den ersten 5 Minuten. Sowohl bei den Probanden ($p=0,004$) als auch den Patienten ($p=0,001$) ist dieser Unterschied signifikant.

Dieser Lautstärkeanstieg kann als Anstrengungszeichen gedeutet werden.

Rantala et al. [73] unterteilte Lehrerinnen in einer Gruppe mit vielen Stimmbeschwerden und einer Gruppe mit wenigen Stimmbeschwerden. Er maß die durchschnittlichen Lautstärkepegel sowie die Grundfrequenz während des Unterrichts in beiden Gruppen. Die Gruppe mit vielen Stimmbeschwerden wies sowohl eine höhere Grundfrequenz als auch niedrigere Lautstärkepegel zu verschiedenen Zeitpunkten auf. Unsere Studie liefert ähnliche Ergebnisse.

Laukkanen et al. [48] ließen 24 Frauen mit unterschiedlichem Ausmaß an vorheriger Stimmschulung einen Text 45 Minuten lang zu 70 dB vorlesen. Messungen des durchschnittlichen Lautstärkepegels und der Grundfrequenz wurden in der 1., 5., 15., 30. und 45. Minute durchgeführt. Beide Parameter stiegen von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt bis auf die ersten 5 Minuten an. Zwischen Minute 1 und 5 wurde ein Abfall beider Parameter verzeichnet, die die Autoren mit einem Warming-Up deuteten.

Die folgende Abbildung verdeutlicht nochmal den Anstieg des Lautstärkepegels vom Abschnitt 1 (Minuten 1-5) verglichen mit Abschnitt 3 (Minuten 11-15).

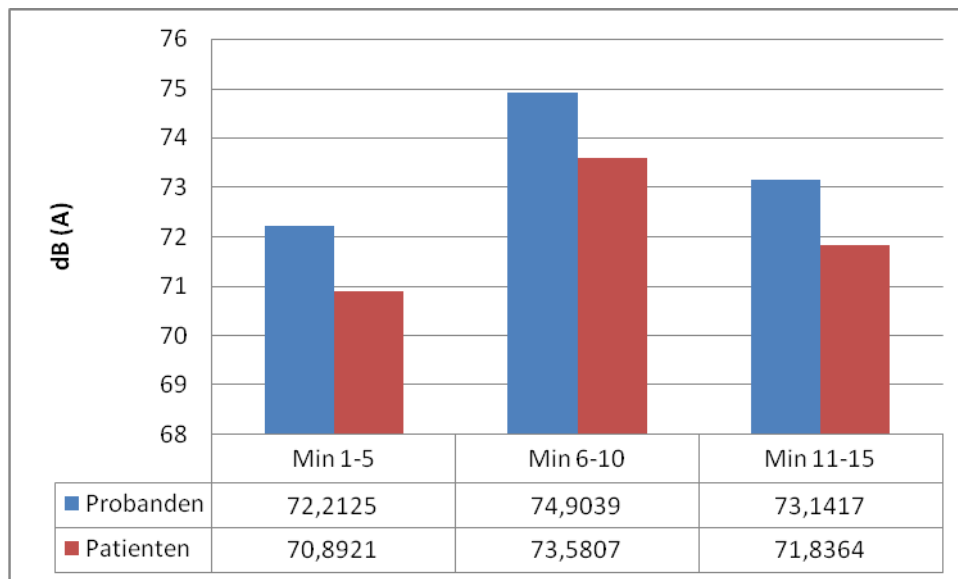


Abbildung 25: Durchschnittlicher Lautstärkepegel in den 3 Teilabschnitten des Wechseltests

Die folgenden Abbildungen zeigen den Lautstärkepegelverlauf getrennt nach Geschlechtern:

Probanden:

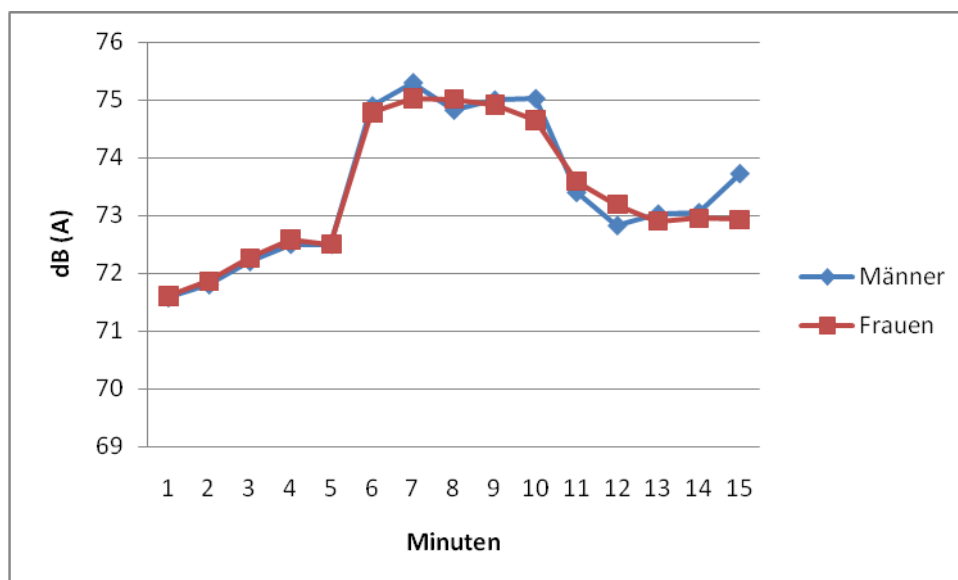


Abbildung 26: Lautstärkepegelverlauf bei Probanden, getrennt nach Geschlechtern

Der Pegelverlauf weist zu keiner Minute signifikante Unterschiede zwischen Frauen und Männern auf (p zu jeder Minute $>0,05$).

Södersten et al. [94] dagegen fanden während eines Stimmbelastungstest niedrigere Lautstärkepegel bei stimmgesunden Frauen verglichen mit Männern.

Patienten:

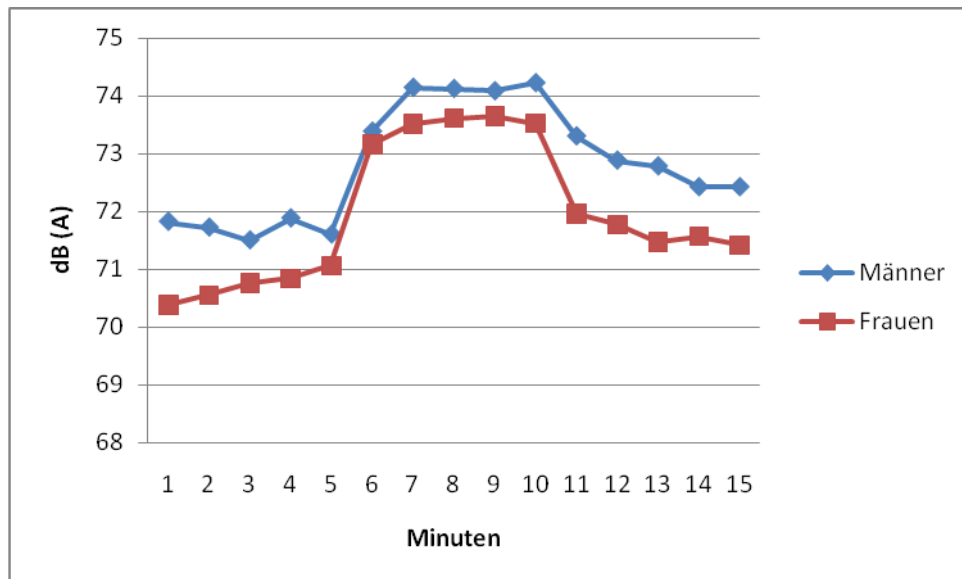


Abbildung 27: Lautstärkepegelverlauf bei Patienten, getrennt nach Geschlechtern

Auch bei der Patientengruppe finden sich zu keiner Minute signifikante Unterschiede. Die Frauen weisen jedoch in jeder Minute niedrigere Lautstärkepegel auf. Mit unserem Stimmbelastungstest lassen sich somit Aussagen bezüglich dem Lautstärkepegel treffen, die unabhängig vom Geschlecht sind.

6.2.1.2 Durchschnittliche Grundfrequenz

Bei der Beurteilung der Frequenz muss man berücksichtigen, dass Frauen mit einer durchschnittlich höheren Frequenz als Männer sprechen: durchschnittliche ca. 250 Hz bei Frauen versus 125 Hz bei Männern [58, 109, 112, 115].

Die folgende Abbildung zeigt den Frequenzverlauf getrennt nach Frauen und Männern, ohne den Status – Proband oder Patient zu berücksichtigen:

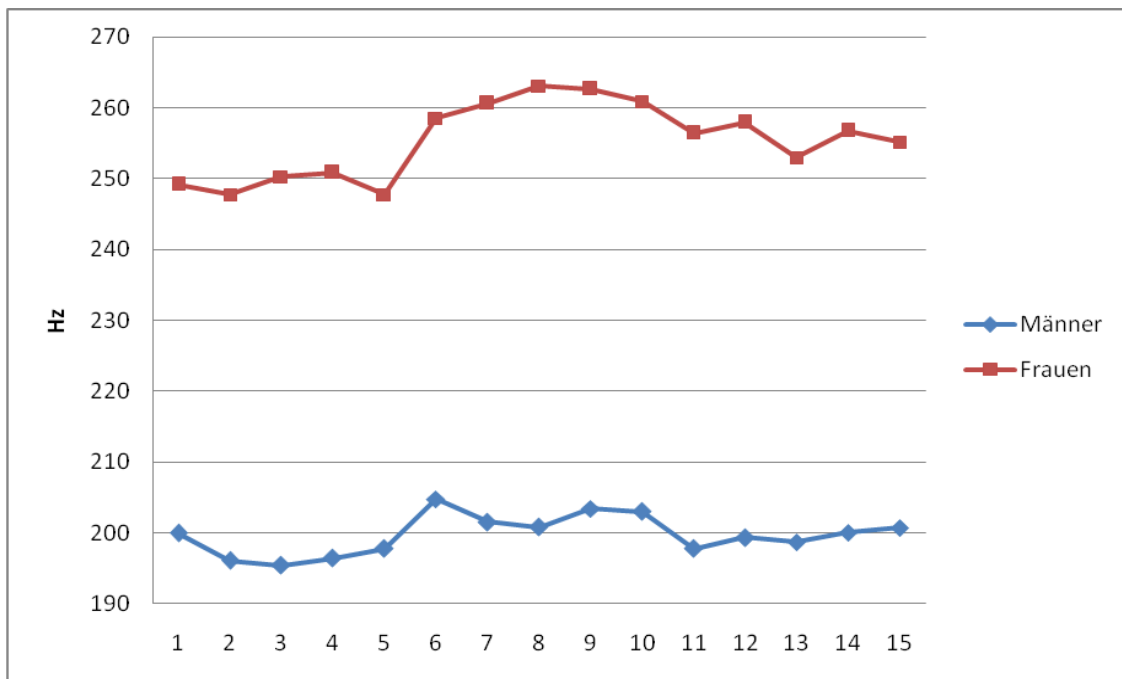


Abbildung 28: Durchschnittlicher Frequenzverlauf im SBT getrennt nach Geschlecht, unabhängig vom Status (Proband oder Patient)

Unsere Ergebnisse decken sich mit denen der vorherigen Studien, da die Männer jedem Zeitpunkt niedrigere Frequenzen aufweisen. Der unterschiedliche Verlauf ist zu jedem Zeitpunkt signifikant (p zu jeder Minute = 0,000).

Zum anderen muss man berücksichtigen, dass Frauen und Männer im Alter aufgrund der natürlichen Stimmentwicklung mit anderen Frequenzen sprechen als mit jungen Jahren. Bei Frauen sinken die Frequenzen im Alter, bei Männern steigen sie [66].

Dies ist für unsere Studie insofern wichtig, da unsere Kontrollgruppen sowohl bei Männern als auch Frauen ein weitaus jüngeres durchschnittliches Alter aufweisen.

Bei der Deutung der folgenden Abbildungen, darf man also nicht zum Schluss kommen, dass die Probandinnen aufgrund verstärkter Anstrengung mit höherer Frequenz lesen, sondern dass dies vielmehr an der unterschiedlichen Altersstruktur in beiden Gruppen liegt.

Die folgende Abbildung zeigt den durchschnittlichen Frequenzverlauf bei den Frauen im SBT:

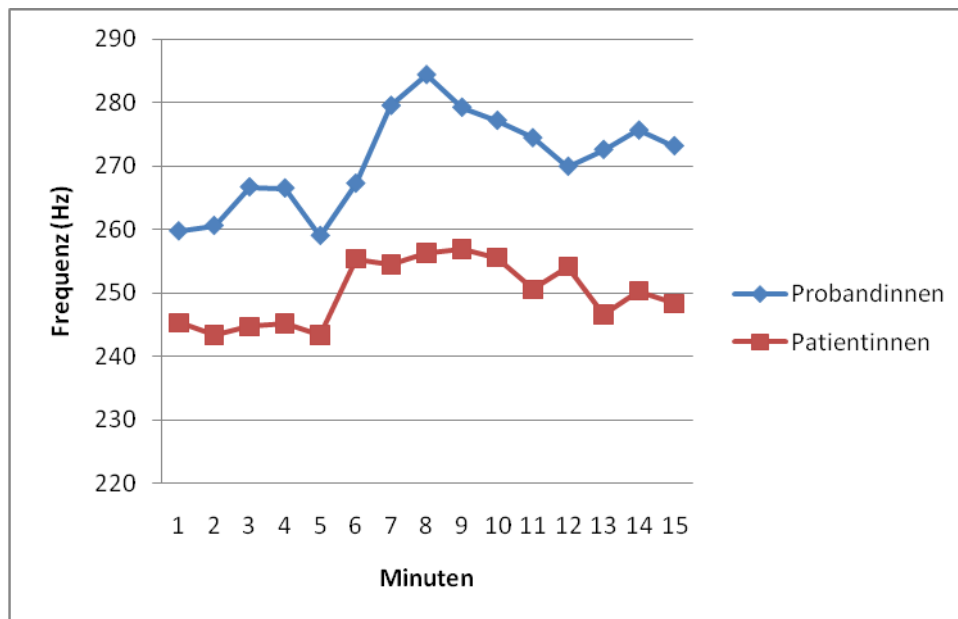


Abbildung 29: Durchschnittlicher Frequenzverlauf bei Frauen, Probandinnen versus Patientinnen

Probandinnen wiesen im Durchschnitt zu jeder Minute höhere Frequenzwerte als Patientinnen auf. Dies kann am niedrigeren Altersdurchschnitt der Probandinnen liegen.

Bis auf die Minuten 6 ($p = 0,122$) und 12 ($p = 0,118$) ist dieser unterschiedliche Verlauf in allen anderen Minuten statistisch signifikant.

Interessant ist die Betrachtung der drei Teilabschnitte und zwar getrennt nach Probandinnen und Patientinnen.

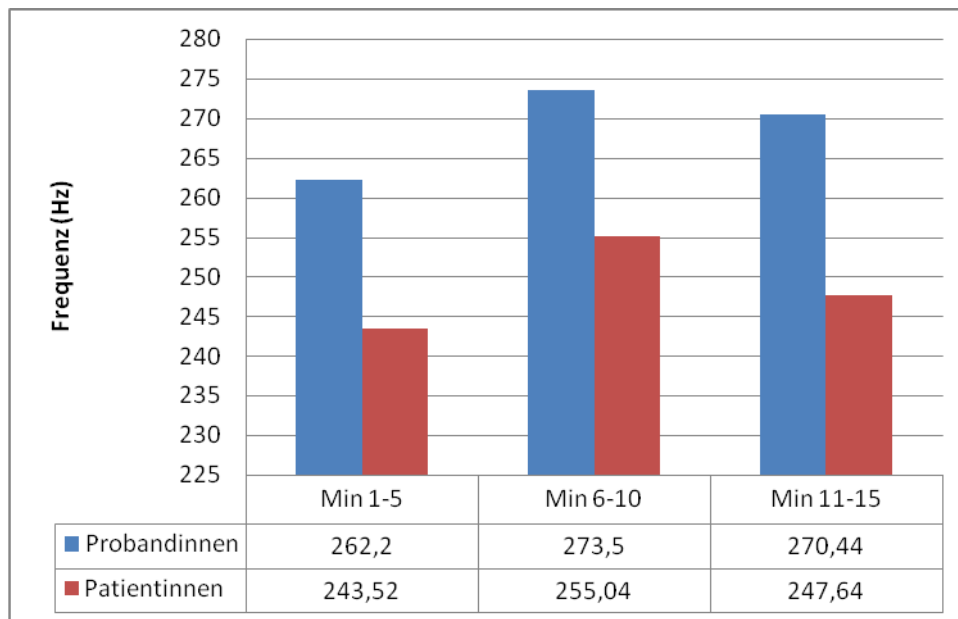


Abbildung 30: Probandinnen versus Patientinnen: Durchschnittliche Frequenz in den 3 Teilabschnitten des SBT

Probandinnen:

Die Zunahme der Frequenz vom ersten zum zweiten Abschnitt bei den Probanden ist signifikant ($p=0,025$). Die Abnahme der mittleren Frequenz vom zweiten zum dritten Abschnitt ist nicht signifikant ($p=0,484$).

Patientinnen:

Die Zunahme der Frequenz vom ersten zum zweiten Abschnitt bei den Probanden ist signifikant ($p=0,000$). Auch die Abnahme der mittleren Frequenz vom zweiten zum dritten Abschnitt ist signifikant ($p=0,018$).

Männer:

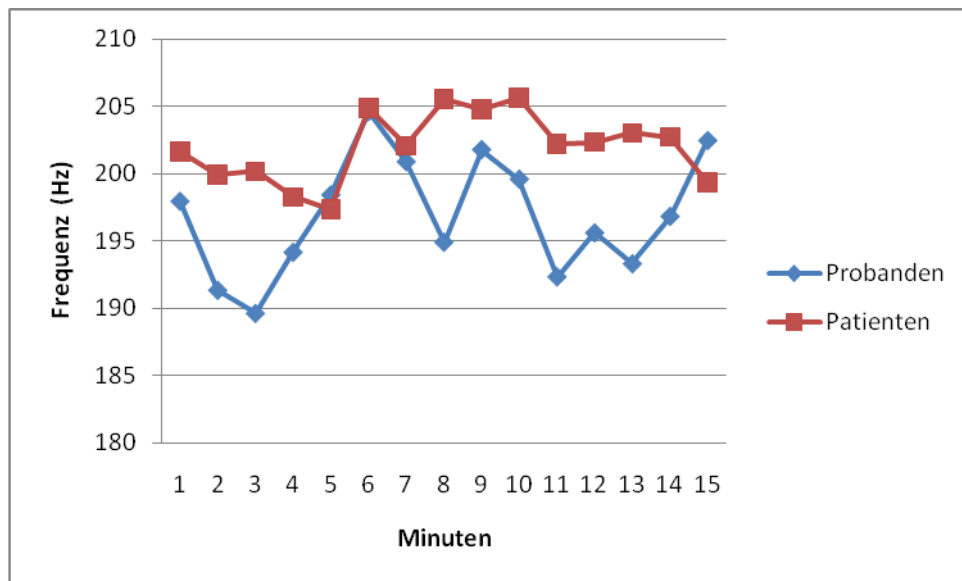


Abbildung 31: Durchschnittlicher Frequenzverlauf bei Männern, Probanden versus Patienten

Bei den Männern wiederum haben weisen die Patienten, aufgrund ihres höheren Alters, im Durchschnitt bis auf Minuten 5 und 15 höhere Frequenzwerte auf.

Dieser Verlauf ist jedoch zu keiner Minute statistisch relevant ($p > 0,05$).

Auch hier ist die Betrachtung der Teilabschnitte sinnvoll:

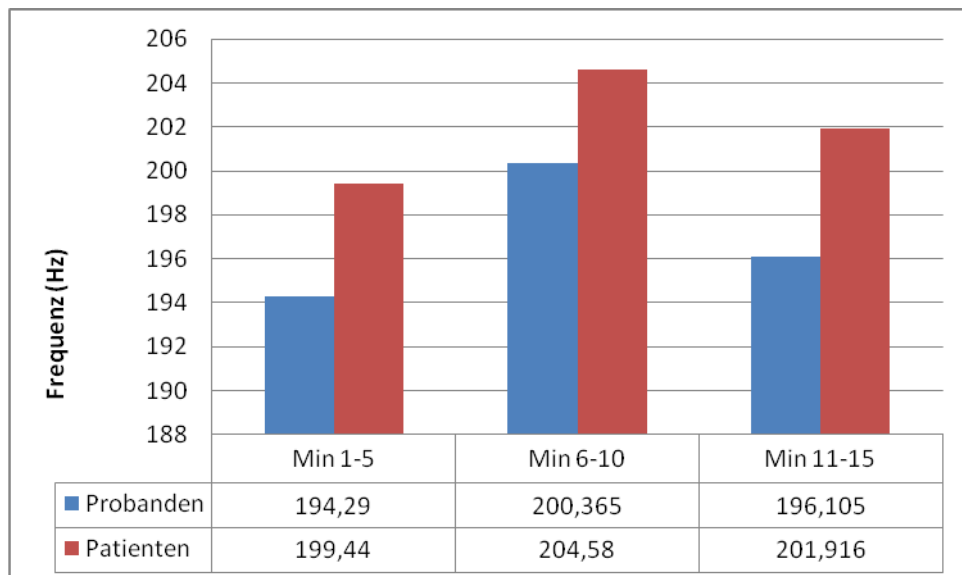


Abbildung 32: Probanden versus Patienten: Durchschnittliche Frequenz in den 3 Teilabschnitten des SBT

Probanden:

Betrachtet man die drei Teilabschnitte so ist die Zunahme der Frequenz vom ersten zum zweiten Teilabschnitt nicht signifikant ($p=0,068$). Auch die Abnahme der mittleren Frequenz vom zweiten zum dritten Abschnitt ist nicht signifikant ($p=0,715$).

Patienten:

Auch bei den Patienten ist die Zunahme der Frequenz vom ersten zum zweiten Teilabschnitt nicht signifikant ($p=0,684$). Ebenso die Abnahme vom zweiten zum dritten Abschnitt ($p=0,684$).

Betrachtet man den Frequenzverlauf der Männer und Frauen so gibt es einige Gemeinsamkeiten:

Wie schon beim Lautstärkepegel fällt auch hier sofort ins Auge, dass die Frequenz im Abschnitt 1 verglichen mit Abschnitt 3 bei gleicher Lautstärkeanforderung zunimmt und das unabhängig von Status und Geschlecht.

Diese Zunahme der Frequenz im Teil 3 verglichen mit Teil 1 ist jedoch weder bei Probandinnen, Patientinnen, Probanden oder Patienten signifikant ($p>0,05$).

Dies werten wir wieder als eine stimmliche Beanspruchung oder eine Folge stimmlicher Kompensationsbemühungen [85].

Des weiteren fällt auf, dass im 2. Abschnitt, in dem die Belastung am höchsten ist, auch die Frequenz am höchsten ist.

Zu einem sehr ähnlichen Ergebnis kam Schahnaz in ihrer Studie, in der die Frauen bei der Phonation mit 80 dB im Vergleich zu 60 dB eine signifikant höhere Grundfrequenz aufwiesen [82].

Einige Studien bewiesen eine Zunahme der Grundfrequenz bei starken subjektiven Beschwerden [73] und Stress [54], ähnlich unserer Belastung bei 80 dB.

Auch Johannes et.al [35] beobachteten eine Zunahme der Grundfrequenz unter mentalem Stress.

6.2.1.3 Durchschnittliche Failure

Die folgende Abbildung zeigt den durchschnittlichen Failureverlauf getrennt nach Probanden und Patienten:

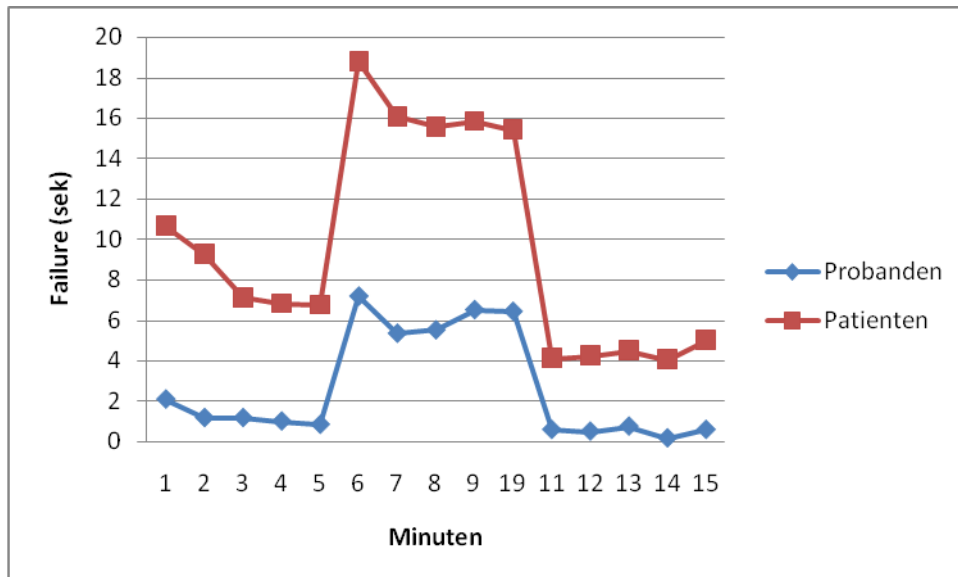


Abbildung 33: Probanden versus Patienten: Durchschnittliche Failure im Verlauf

Obwohl die Kranken in jeder Minute durchschnittlich mehr Unterschreitungen haben, sind diese Unterschiede nur in den folgenden Minuten statistisch signifikant:

- 6.Minute ($p= 0,049$)
- 7.Minute ($p= 0,008$)
- 14.Minute ($p= 0,03$)

Betrachtet man die einzelnen 3 Teilabschnitte des Test und nicht die einzelnen Minuten und prüft man sie auf signifikante Unterschiede zwischen Patienten und Probanden so kommt man zu folgendem Ergebnis:

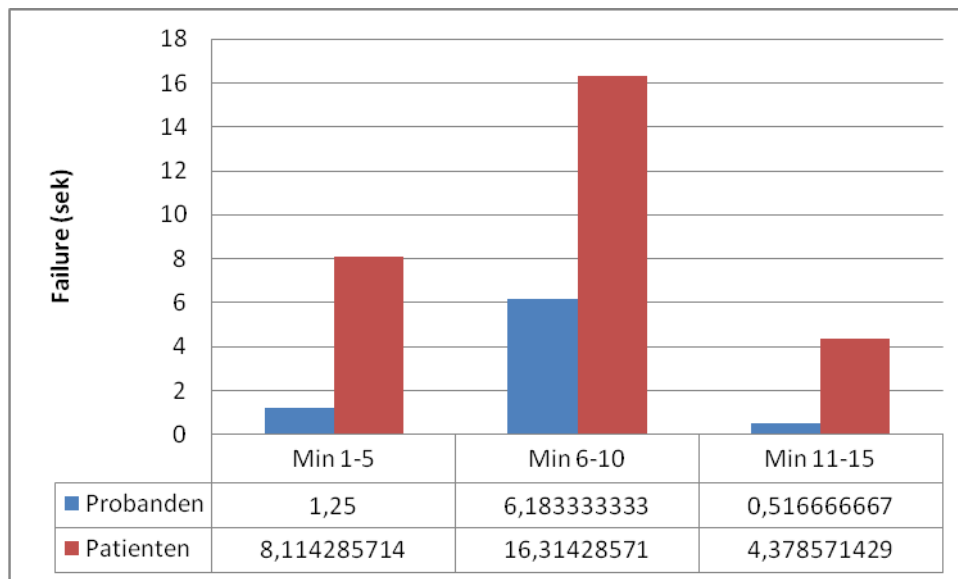


Abbildung 34: Durchschnittliche Failure (Unterschreitungen in Sekunden) in den 3 Abschnitten des SBT

Auffällig ist, dass im mittleren Drittel des Tests, der die höchste Lautstärke forderte, die durchschnittliche Failuresumme der Patienten ca. 3mal so hoch wie die der Probanden war. In beiden Gruppen ist die Failuresumme in diesem Abschnitt am höchsten.

Bei den Probanden besteht eine signifikante Zunahme der durchschnittlichen Failuresumme vom ersten zum zweiten Teilabschnitt ($p=0,003$). Zwischen dem zweiten und dritten Teilabschnitt besteht wiederum eine signifikante Abnahme ($p=0,002$).

Auch bei den Patienten besteht eine signifikante Zunahme der durchschnittlichen Failuresumme zwischen dem ersten und zweiten Teilabschnitt ($p=0,000$) und eine signifikante Abnahme zwischen dem zweiten und dritten Teilabschnitt ($p=0,000$).

Zwar besteht in keinem Teilabschnitt ein signifikanter Unterschied zwischen Probanden und Patienten, jedoch zeigt sich im zweiten Teil ein deutlicher Trend dazu ($p=0,067$).

Unsere Ergebnisse legen nahe, dass der zweite Teilabschnitt im Gegensatz zu den beiden anderen sowohl bei Patienten als auch bei Probanden mit deutlich mehr Schwierigkeiten im Halten der Lautstärke verbunden war. Das Lesen mit einer Lautstärke von 75 dB über 5 Minuten ist also eine Möglichkeit die Stimmfunktion zu belasten.

Des weiteren fällt auf, dass sowohl bei Patienten als auch Probanden der dritte Teilabschnitt im Gegensatz zum ersten die besten Werte aufweist, obwohl im ersten Teilabschnitt dieselbe Lautstärke gefordert wurde (70 dB).

Dieser Unterschied ist bei den Probanden nicht signifikant ($p=0,258$), bei den Patienten dagegen schon ($p=0,03$).

Dies könnte daran liegen, dass es nach den anderen beiden Abschnitten zu einem Einsprecheffekt gekommen ist oder dass das Lesen mit 70 dB noch keine richtige Belastung darstellt, wobei in der Literatur durchschnittliche Sprechlautstärken von 60 dB angegeben werden [72].

Mit Hilfe der Failurezeit im SBT lassen sich stimmgesunde von stimmkranken Personen unterscheiden. Dies sieht man besonders im 2. Abschnitt des SBT zu 75 dB.

6.2.2 Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm

6.2.2.1 Irregularität

Im GHD ist die Betrachtung der Irregularität gegen das Rauschen entscheidend für die Beurteilung der Stimme. Die folgende Abbildung zeigt die Durchschnittswerte zu den 3 verschiedenen Zeitpunkten: 1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach Erholung.

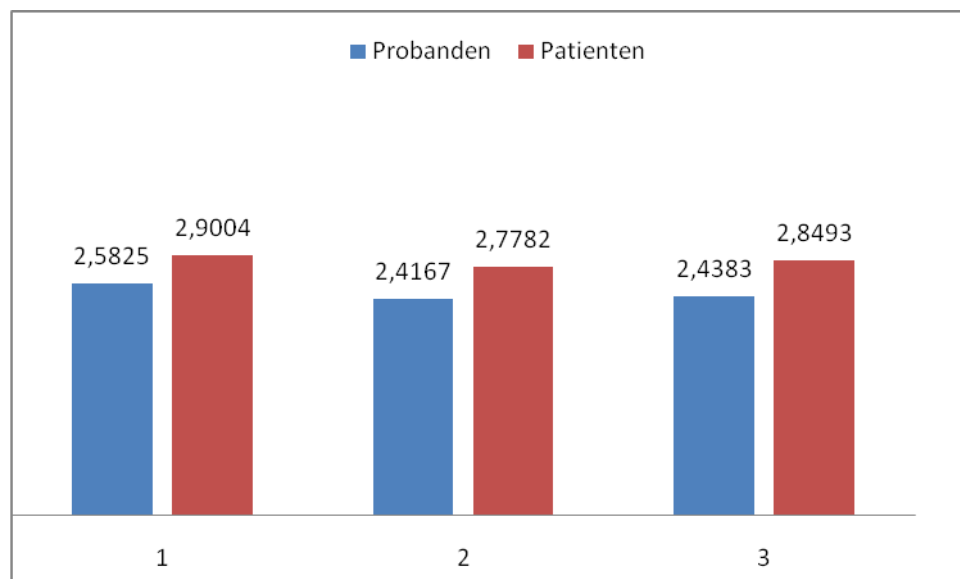


Abbildung 35: Probanden versus Patienten: Durchschnittliche Werte für die Irregularität vor Belastung (=1), nach Belastung (=2) und nach der Pause (=3)

Im Durchschnitt haben Kranke zu jedem Zeitpunkt schlechtere Werte für die Irregularität. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant, wie die folgende Tabelle zeigt.

1	2	3
p=0,400	p=0,128	p=0,057

Tabelle 15: P-Werte vor Belastung=1, nach Belastung=2 und nach der Pause=3

Dies könnte darauf hinweisen, dass kranke Stimmen sich langsamer von einer Belastung erholen als Gesunde. Dies müsste in einer zukünftigen Studie mit größerer Fallzahl untersucht werden.

Nach Belastung weisen Kranke als auch Gesunde die besten Durchschnittswerte in der Irregularität auf. Dies könnte auf einem Einsprecheffekt beruhen. Bei beiden Gruppen sind die Werte vor Belastung am schlechtesten.

Blaylock [4] konnte zeigen, dass sich ein „vocal warming-up“ bei stimmgestörten Personen positiv auf verschiedene stimmanalytische Parameter auswirkt.

Insgesamt liegen die Werte für die Irregularität sowohl bei Probanden als auch Patienten noch im Normbereich (bis ca. 2,5-3,0). Die von uns gewählte Belastung hat also keinen negativen Effekt auf die Irregularität, bzw. scheint die Belastung die Werte kaum zu verändern.

Die folgende Abbildung zeigt die Irregularität im Verlauf an:

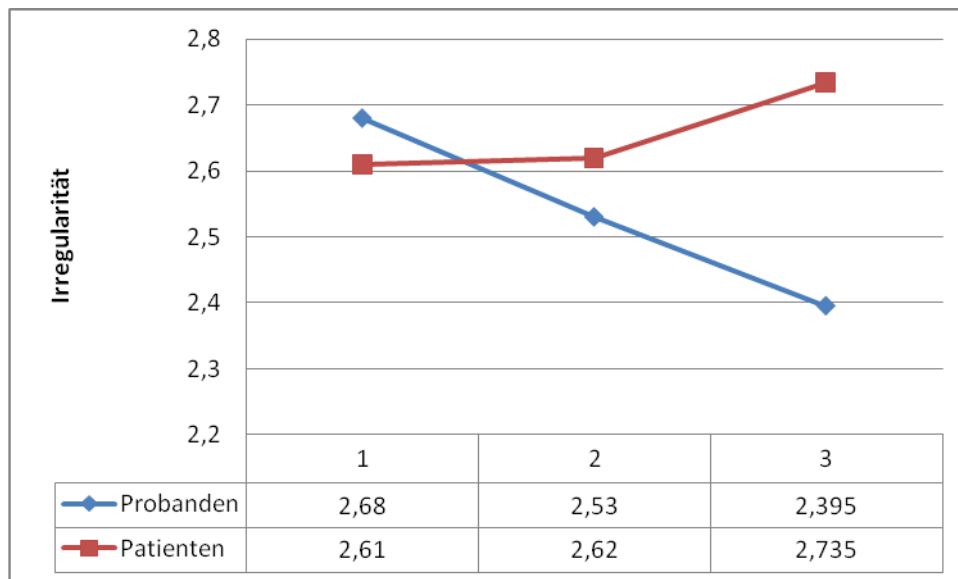


Abbildung 36: Patienten versus Probanden: Mediane Irregularität im Verlauf, 1= vor Belastung, 2= nach Belastung, 3= nach Pause

Die Irregularität ist zwar bei den Probanden vor Belastung höher als bei den Patienten, nimmt aber dann stetig ab, während sie bei den Patienten stetig zunimmt.

Es kann sein, dass es bei den Probanden zu einem Einsprecheffekt kommt, während die Stimmen der Patienten auf die Belastung mit einem erhöhten Muskeltonus reagieren, so dass ihre Irregularität zunimmt. Die Pause hat bei den Patienten keinen positiven Einfluss auf die Irregularitätskomponente, im Gegenteil: sie verschlechtert sich noch mehr.

Der Vergleich der Irregularität mit anderen Studien ist schwierig, da diese mit den Stimmparametern Jitter und Shimmer arbeiten. Da die Irregularität hauptsächlich von diesen beiden Parametern beeinflusst wird, ist es sinnvoll die Veränderungen dieser Parameter zu untersuchen.

6.2.2.2 Rauschen

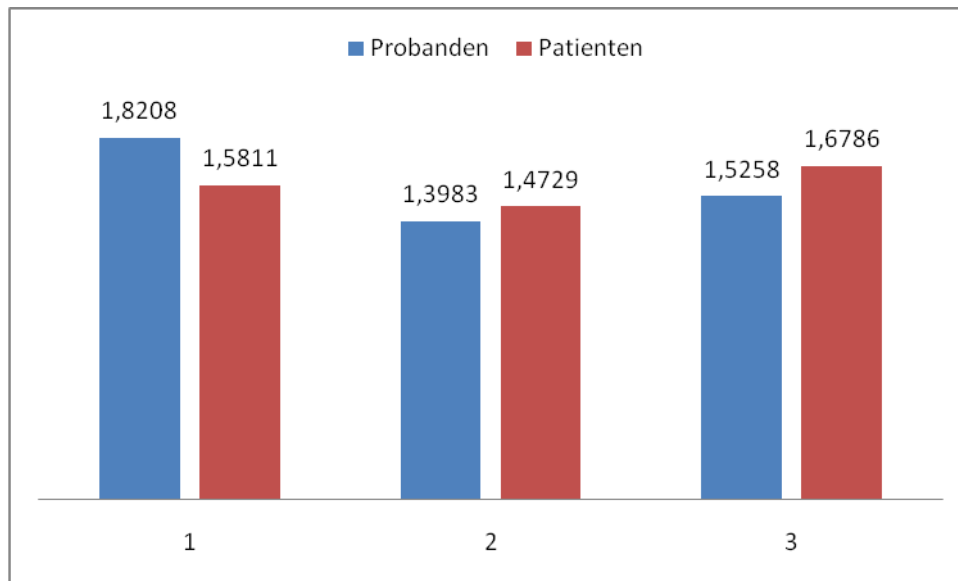


Abbildung 37: Probanden versus Patienten: Durchschnittliche Werte für das Rauschen vor Belastung (=1), nach Belastung (=2) und nach der Pause (=3)

Beim Rauschen weisen Gesunde vor Belastung im Durchschnitt schlechtere Werte als Kranke auf. Zu allen drei Zeitpunkten weist die unterschiedliche Verteilung jedoch keine Signifikanz auf:

1	2	3
0,262	0,883	0,894

Tabelle 16: P-Werte vor Belastung=1, nach Belastung=2 und nach der Pause=3

Beim Rauschen finden sich die besten Werte bei beiden Gruppen nach Belastung und die schlechtesten vor Belastung, was wiederum auf einen Einleseeffekt hindeutet.

Die folgende Abbildung zeigt die medianen Rauschwerte im Verlauf an:

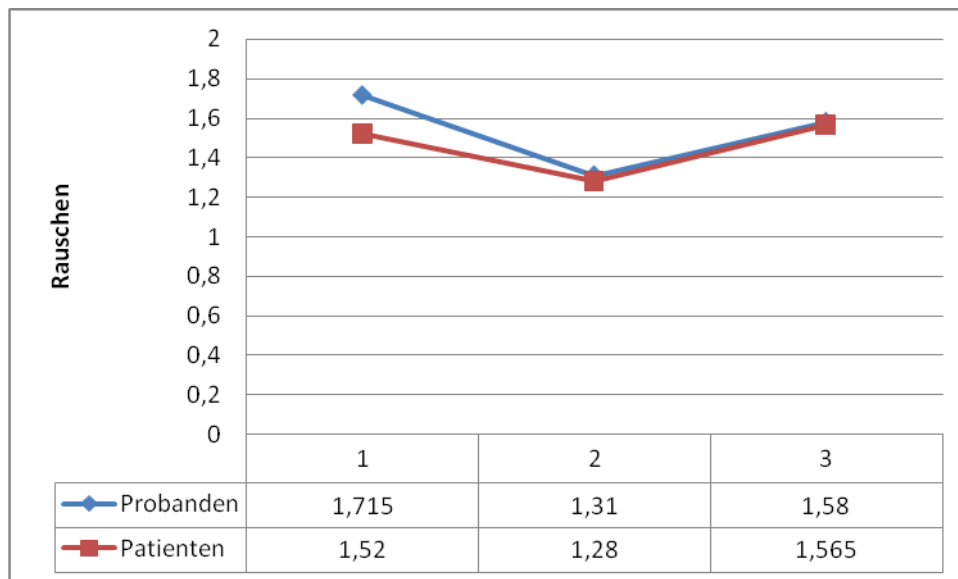


Abbildung 38: Probanden versus Patienten: Medianwerte für Rauschen im Verlauf

Hierbei zeigt sich ein sehr ähnlicher Verlauf zwischen Kranken und Gesunden. Auffällig ist, dass die Probanden trotz eines schlechteren Ausgangswertes vor Belastung im Verlauf niedrigere Werte zeigen.

Bei den Probanden zeigt sich im Verlauf ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten an den 3 Zeitpunkten ($p \leq 0,05$)

Auch bei den Kranken ist dies der Fall ($p \leq 0,05$).

Nach der Pause zeigt sich in beiden Gruppen eine Verschlechterung der Werte. Dies könnte darauf beruhen, dass der „Warming-Up“-Effekt nach der 30minütigen Pause wieder verloren geht und es ähnlich wie am Anfang des Tests zu einem schlechteren Stimmlippenschluss kommt.

6.2.2.3 Jitter:

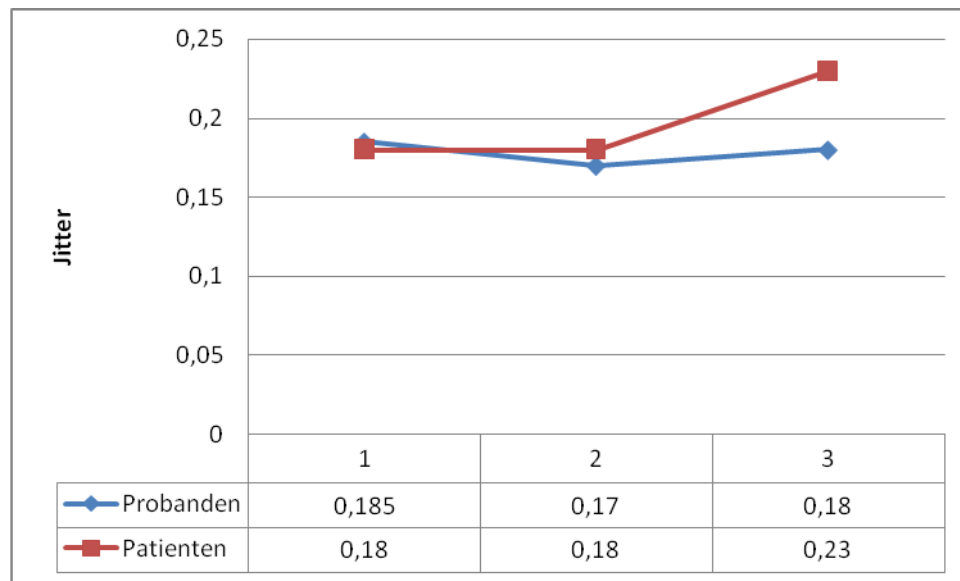


Abbildung 39: Mediane Jitterwerte im Verlauf, Probanden versus Patienten, 1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3 = nach Pause

Der Unterschied zwischen Probanden und Patienten vor Belastung ($p=0,953$), nach Belastung ($p=0,496$) und nach der Pause ($p=0,204$) ist nicht signifikant auch wenn die Probanden zu den drei Zeitpunkten schlechtere Werte zeigen.

Casado et.al [8] verglichen verschiedene stimmanalytische Parameter von Probanden und dysphonischen Probanden miteinander und fanden signifikant höhere Jitter- und Shimmerwerte bei den stimmgestörten Probanden.

Jones et.al [36] fanden signifikant höhere Jitterwerte bei dysphonischen Probanden verglichen mit Probanden.

Im Folgenden haben wir die 3 Zeitmesspunkte in der jeweiligen Gruppe miteinander verglichen:

Probanden:

Die Abnahme des Jitters nach der Belastung und die Zunahme nach der Pause ist nicht signifikant ($p=0,184$).

Patienten:

Bei den Patienten ist die Zunahme des Jitters nach der Pause (=3) nicht signifikant ($p=0,136$).

Die besten Werte für den Jitter finden sich in beiden Gruppen nach der Belastung, so dass man wieder von einem Einsprecheffekt ausgehen kann. Ähnlich wie beim Rauschen und der Irregularität kommt es nach der Pause zu einer Verschlechterung der Werte.

Nach der Belastung kommt es kaum zu einer Veränderung bei beiden Gruppen.

Die Erholung hat keinen positiven Einfluss auf die Stimmen der Patienten und Probanden, ihre Parameter verschlechtern sich, wobei die Patienten jedoch eine stärkere Verschlechterung erfahren. Beide Gruppen haben nach der Erholung ihre schlechtesten Werte.

Insgesamt sind die Jitterwerte aber nicht pathologisch, da sie nur bei einem Patienten über 1% lagen.

In zwei unabhängigen Studien beobachteten Niebudek-Bogusz et al. [62, 63] eine Zunahme des Jitters nach einem Belastungstest bei aktiven Lehrern.

Verstraete et al. [102] führten bei stimmkranken jungen Frauen ebenfalls nach einem 25minütigen Stimmbelastungstest eine Stimmanalyse durch. Eine Veränderung des Jitters konnte nicht beobachtet werden.

Andere Studien konnten ähnlich wie in unserer eine Abnahme des Jitters verzeichnen.

Södersten et al. [95] beobachteten eine Abnahme des Jitters nach einem Arbeitstag bei Lehrern. Die Zunahme des Jitters korrelierte positiv mit subjektiven Stimmbeschwerden wie Trockenheit im Halsbereich.

Laukkanen et. al [47] kamen in ihrer Studie zu einem gleichen Ergebnis.

Laukannen et.al [46] fanden in einer weiteren Studie signifikant höhere Jitterwerte bei Lehrern mit vielen Stimmbeschwerden nach einem 6stündigem Arbeitstag verglichen mit Lehrern, die wenige Stimmbeschwerden angegeben hatten.

Die folgenden Abbildungen zeigen den medianen Jitterverlauf der Probanden- und Patientengruppe im GHD getrennt nach Geschlecht:

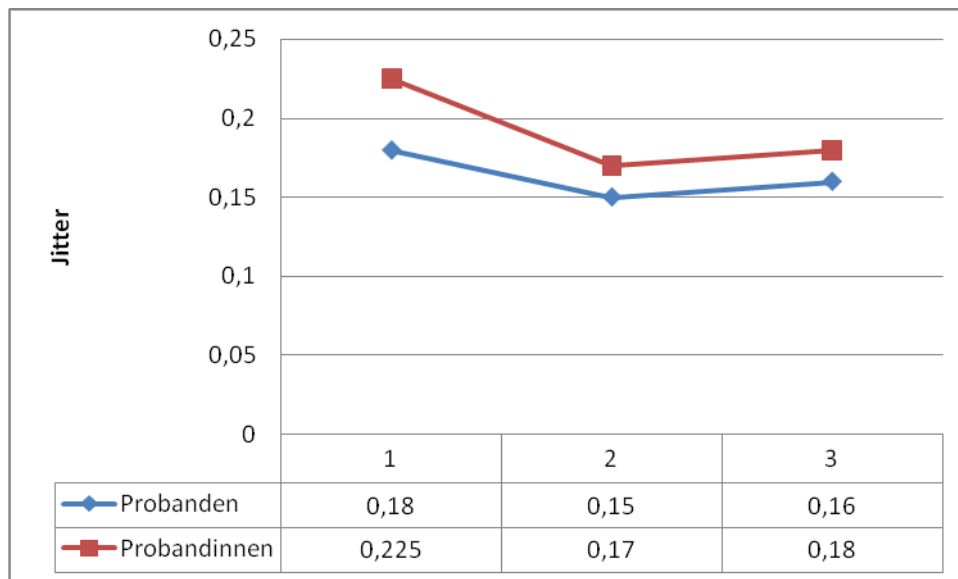


Abbildung 40: Medianer Jitter im Verlauf in der Probandengruppe, 1=vor Belastung, 2= nach Belastung, 3=nach der Pause

Es findet sich zu keinem der drei Messzeitpunkte ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Probandengruppe (p vor Belastung=0,349, p nach Belastung=0,392, p nach Pause=0,349).

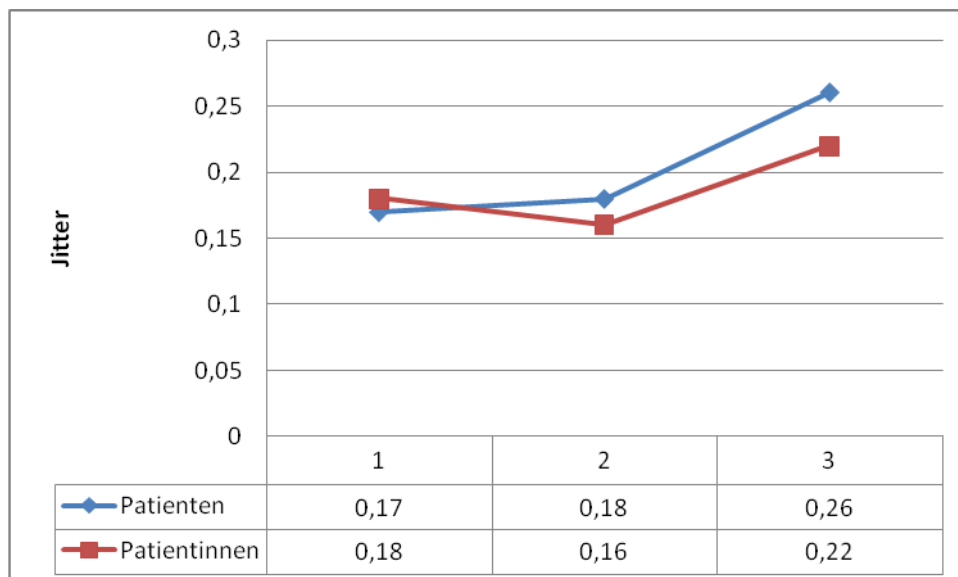


Abbildung 41: Medianer Jitter im Verlauf in der Patientengruppe, 1=vor Belastung, 2= nach Belastung, 3=nach der Pause

Auch bei der Patientengruppe gibt es zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen Frauen und Männern (p vor Belastung=0,589, p nach Belastung=0,416, p nach Pause=0,696).

Viele andere Studien kamen zu einem ähnlichen Ergebnis:

Fernandez et al. [17] fanden keinerlei signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei Probanden Personen in Bezug auf Jitter, Shimmer und NHR.

Auch Wang et. al [109] fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jitterwerten gesunder Frauen und Männer.

6.2.2.4 Shimmer:

Die folgende Abbildung zeigt den medianen Shimmerverlauf der Probandengruppe versus der Patientengruppe unabhängig vom Geschlecht:

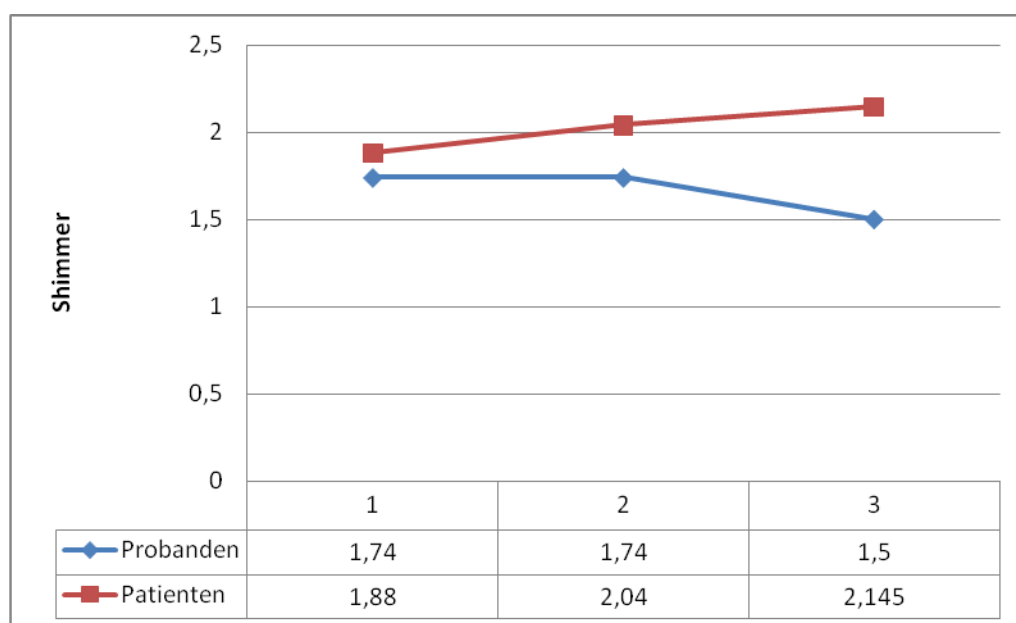


Abbildung 42: Mediane Shimmerwerte im Verlauf, Probanden versus Patienten, 1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3 = nach Pause

Der Unterschied zwischen Patienten und Probanden vor Belastung ($p=0,461$), nach Belastung ($p=0,452$) und nach Pause ($p=0,210$) ist nicht signifikant.

Bei der Betrachtung der medianen Werte fällt auf, dass es bei den Patienten zu einer stetigen Verschlechterung an den drei Messzeitpunkten kam, während es bei den Probanden zu einer Besserung nach der Pause kam, die jedoch nicht signifikant ist ($p=0,754$).

Bei den Patienten ist der Anstieg der Shimmerwerte nach der Belastung nicht signifikant ($p=0,068$), es zeigt sich jedoch ein Trend dazu. Der Anstieg nach der Pause ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0,274$).

Ein pathologischer Shimmerwert liegt $> 2,5\%$. Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der Probanden bzw. Patienten bei denen dieser Wert zum jeweiligen Zeitpunkt überschritten wird:

	Vor Belastung	Nach Belastung	Nach der Pause
Probanden	2 (=16,7%)	1(=8,3%)	2 (=16,7)
Patienten	7 (=58,3%)	4 (=14,3%)	8 (=28,6%)

Tabelle 17: Anzahl der Probanden und Patienten mit pathologischem Shimmerwert

Patienten haben zu jedem Messzeitpunkt mehr Personen, die einen pathologischen Shimmerwert zeigen. Bei beiden Gruppen sind die Werte vor Belastung und nach der Pause am besten. Dies beweist ebenfalls den positiven Einfluss eines Einsprecheffektes .

Laukannen et.al fanden signifikant höhere Shimmerwerte bei Lehrern mit vielen Stimmbeschwerden nach einem 6stündigem Arbeitstag verglichen mit Lehrern, die wenige Stimmbeschwerden angegeben hatten [46].

Niebudek et al. untersuchten 66 Lehrerinnen mit organischen und funktionellen Dysphonien nach einem 30minütigem Belastungstest und fanden dabei in beiden Gruppen signifikant erhöhte Shimmer- und NHR-Werte verglichen mit den Werten vor Belastung [64].

Auch in unserer Studie stiegen die Shimmerwerte nach Belastung bei den Patienten an, während sie bei den Probanden sanken. Die Shimmerwerte eignen sich somit, um Aussagen über das objektive Stimmbefinden zu treffen und Unterschiede zwischen Probanden und Patienten zu zeigen. Sie sind eine sinnvolle Ergänzung zum SBT, um den Verlauf des objektiven Stimmbefindens zu zeigen.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Shimmerverlauf in der Probanden- und Patientengruppe geschlechtsgetrennt:

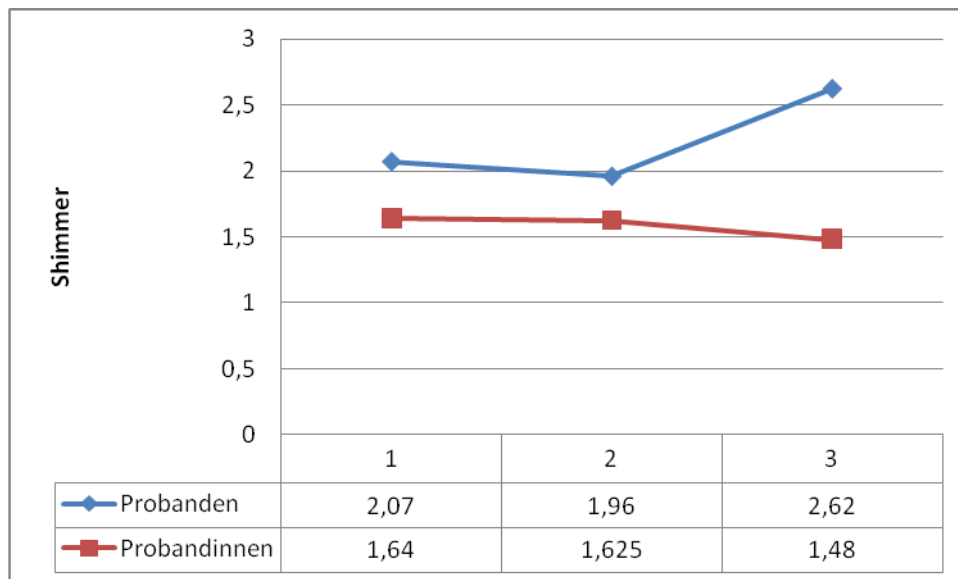


Abbildung 43: Medianer Shimmer im Verlauf in der Probandengruppe getrennt nach Geschlecht, 1=vor Belastung, 2= nach Belastung, 3=nach der Pause

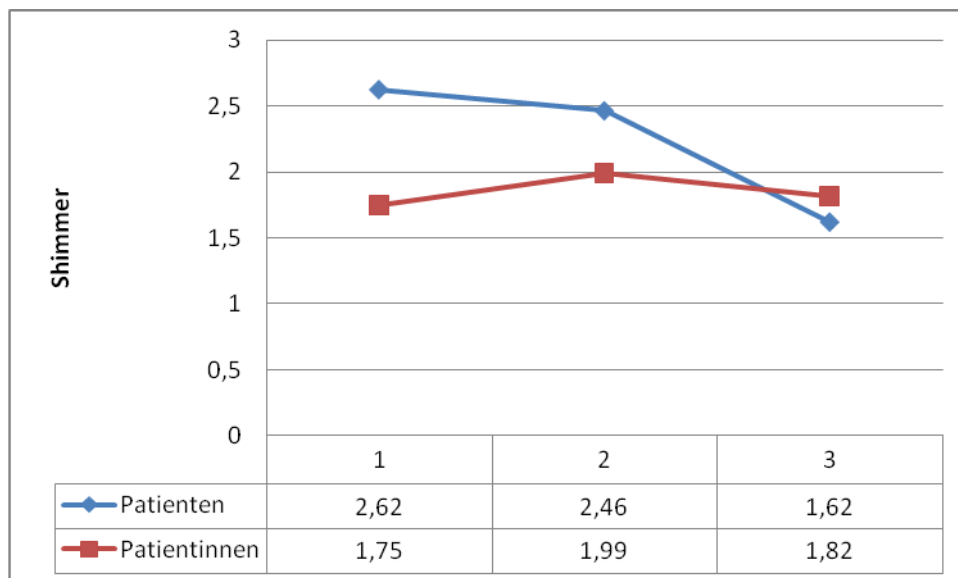


Abbildung 44: Medianer Shimmer im Verlauf in der Patientengruppe getrennt nach Geschlecht, 1=vor Belastung, 2= nach Belastung, 3=nach der Pause

In der Probandengruppe findet sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern, während in der Patientengruppe vor Belastung ein signifikanter Unterschied besteht ($p=0,044$) und nach der Belastung ein Trend dazu besteht ($p=0,055$).

Wang et al. fanden signifikante Unterschiede der Shimmerwerte zwischen den Geschlechtern und keine signifikanten Unterschiede bei den Jitterwerten [109].

Andere Studien wiederum konnten wie wir keine Unterschiede feststellen [17, 108].

6.2.2.5 GNE:

Auch beim Rauschen fehlen Vergleichsstudien, da diese meist das Noise-Harmonic-Ratio (NHR), ein Maß des Rauschanteils, untersuchten. In unserer Studie wurde statt dem NHR, das neu entwickelte GNE gemessen, dass im Gegensatz zum NHR und anderen Maßen, die den Rauschanteil messen, unabhängig gegenüber typischen Irregularitäten des Stimmsignals ist.

Aufgrund fehlender Vergleichsstudien, die mit dem GNE arbeiten mussten wir uns deshalb beim Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien auf das NHR berufen.

Bei der Betrachtung der GNE muss man beachten, dass je höher die Werte liegen, die Stimme weniger stark durch turbulentes Rauschen angeregt wird, d.h. auf einer Skala von 0 bis 1, repräsentiert die 1 eine gesunde Stimme, die 0 eine Stimme mit hohem Rauschanteil.

Die folgende Graphik zeigt den Verlauf der GNE an den drei Messzeitpunkten:

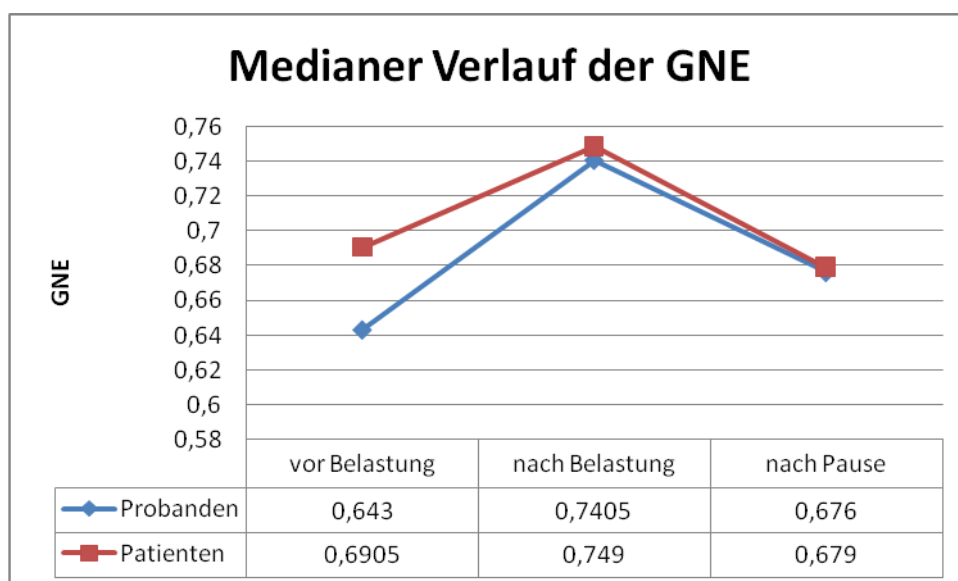


Abbildung 45: Medianer Verlauf der GNE, Patienten versus Probanden,
1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach der Pause

Beide Gruppen haben einen sehr ähnlichen Verlauf, bei dem die schlechtesten Werte vor Belastung liegen, nach Belastung stark ansteigen und nach der Pause wieder abnehmen, wobei sie bei den Probanden etwas besser als beim Ausgangswert vor

Belastung liegen, bei den Patienten sogar etwas besser als der Ausgangswert werden. Der Verlauf legt auch hier nahe, dass es zu einem Einsprecheffekt gekommen ist.

Niebudek et.al beobachteten ebenfalls eine signifikante Zunahme des NHR nach einem 30minütigem SBT bei Lehrern [64].

Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen sind zu keinem Zeitpunkt signifikant (p vor Belastung=0,256, p nach Belastung=0,894, p nach der Pause= 0,859).

Laut unserer Studie eignet sich die GNE also nicht, um zwischen Probanden und stimmgestörten Patienten zu unterscheiden, obwohl andere Studien zeigten, dass die NHR eine gute Aussagekraft bei pathologischen Stimmen hat [14, 118].

Der Anstieg nach Belastung ist bei den Probanden jedoch stärker als bei den Patienten. Dies könnte an der kleinen Fallzahl der Probanden liegen.

Des weiteren lässt sich feststellen, dass eine Sprechpause von 30 Minuten eine ausreichende Entlastung ist, um die Stimme wieder auf die Ausgangswerte zu bringen.

Bei den Probanden ist der Anstieg nach Belastung signifikant ($p=0,028$), der Abfall nach der Pause dagegen nicht ($p=0,239$). Der Unterschied vor Belastung zu nach der Pause ist wiederum signifikant ($p=0,034$).

Bei den Patienten ist der Anstieg nach Belastung zwar nicht signifikant ($p=0,072$), zeigt jedoch einen Trend dazu. Der Abfall nach der Pause ist signifikant ($p=0,004$). Zwischen dem Wert vor Belastung und nach der Pause gibt es keinen signifikanten Unterschied ($p=0,004$).

Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der GNE in beiden Gruppen getrennt nach Geschlechtern:

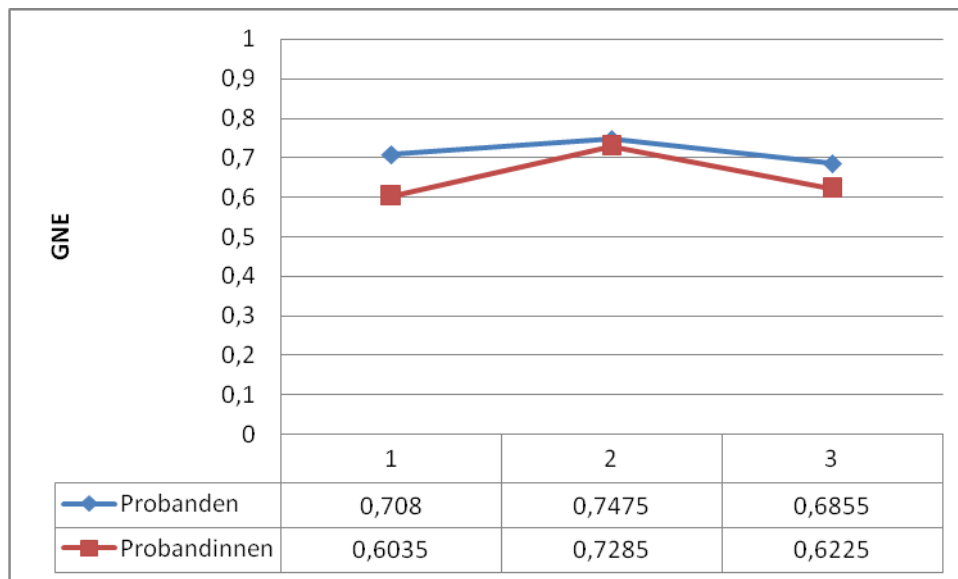


Abbildung 46: Medianer Verlauf der GNE, Frauen versus Männer in der Probandengruppe, 1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach der Pause

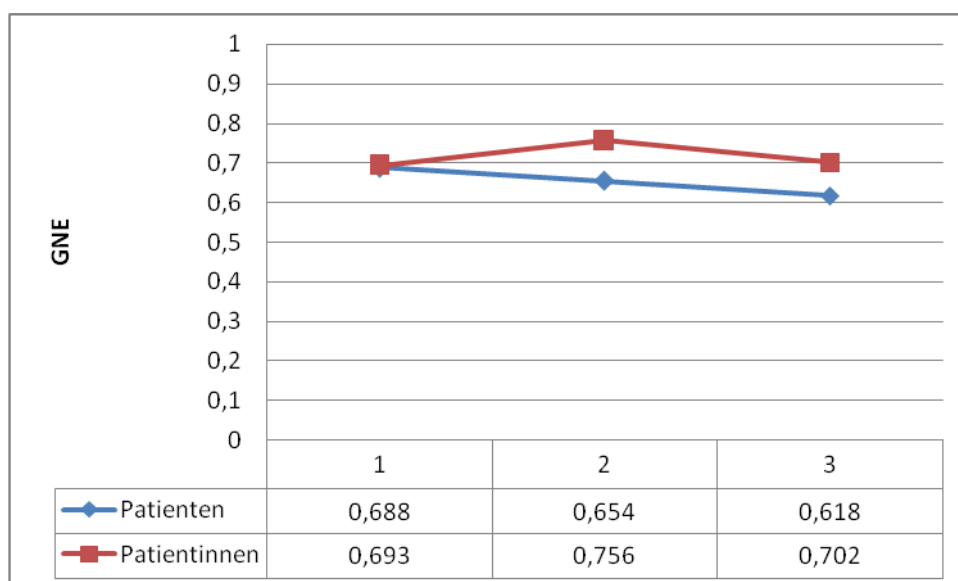


Abbildung 47: Medianer Verlauf der GNE, Frauen versus Männer in der Patientengruppe, 1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach der Pause

Weder in der Probanden- noch in der Patientengruppe konnten wir signifikante Unterschiede zwischen Frauen und Männern finden ($p > 0,05$).

Wan et.al beobachteten einen signifikanten Unterschied im NHR zwischen Probanden Männern und Frauen [108].

Auch Naufel et al. konnten einen signifikanten Unterschied in der NHR zwischen Männern und Frauen finden, wobei Frauen einen höheren NHR hatten [59].

6.2.2.6 Grundfrequenz:

Bei der Grundfrequenz handelt es sich um die Mittelwerte der Vokale a,e,i,o,u.

Da Männer und Frauen mit einer anderen Grundfrequenz sprechen und die Geschlechterverteilung bei den Patienten und Probanden unterschiedlich ist, muss man diese getrennt nach Frauen und Männern betrachten:

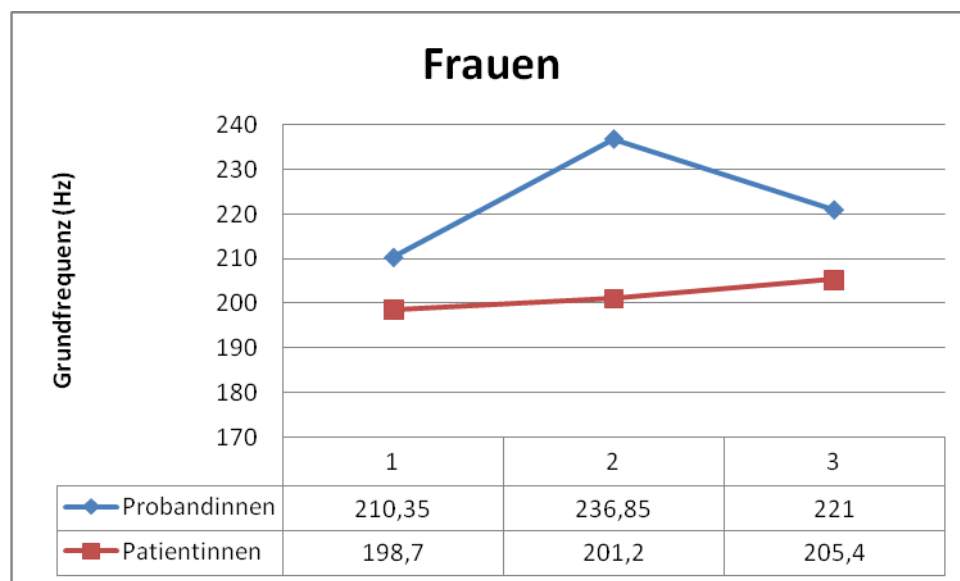


Abbildung 48: Medianer Verlauf der Grundfrequenz, Probandinnen versus Patientinnen
1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach der Pause

Zu keinem Zeitpunkt besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Probandinnen und Patientinnen ($p > 0,05$).

Der Anstieg nach Belastung ist bei den Probandinnen signifikant ($p = 0,05$). Auch der Abfall nach Erholung ist signifikant ($p = 0,012$).

Auch bei den Patientinnen ist der Anstieg nach Belastung signifikant ($p = 0,014$), der Abfall nach der Erholung jedoch nicht ($p = 0,171$).

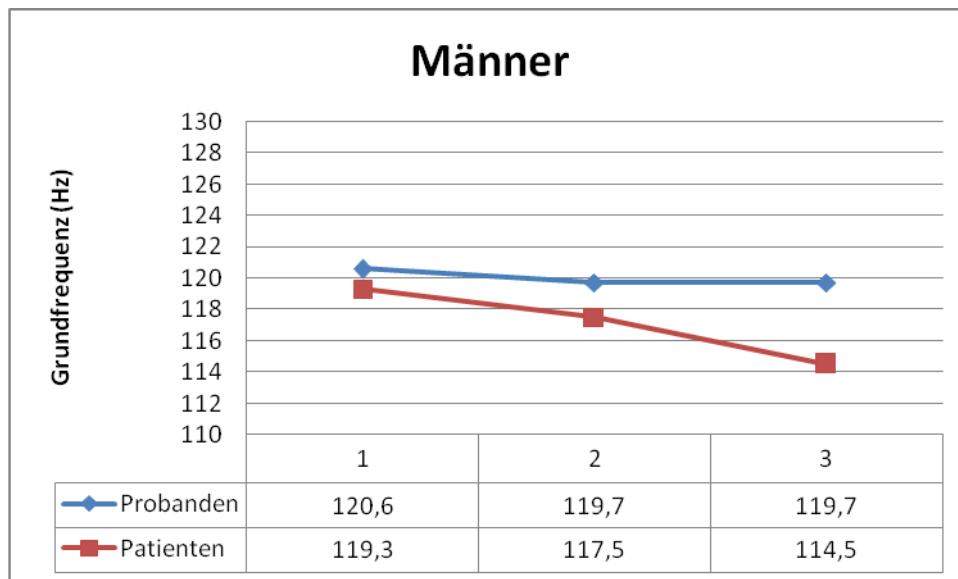


Abbildung 49: Medianer Verlauf der Grundfrequenz, Probandinnen versus Patientinnen
1=vor Belastung, 2=nach Belastung, 3=nach der Pause

Zu keinem Zeitpunkt besteht ein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) zwischen Probanden und Patienten.

Sowohl bei Probanden als auch Patienten Männern sind die Veränderungen zwischen den Zeitpunkten nicht signifikant ($p > 0,05$).

Es fällt auf, dass in bei den Frauen in beiden Gruppen die Frequenz nach der Belastung ansteigt, was auf eine Stimmermüdung hindeutet.

Bei den Männern sinkt die Frequenz nach der Belastung, was jedoch aufgrund der geringen Fallzahl in einer größeren Studie erneut geprüft werden sollte.

Andere Studien haben die Veränderung der Grundfrequenzen im Verlauf eines Arbeitstages bei Lehrern gemessen und nachweisen können, dass zum Nachmittag hin, bei zunehmender stimmlicher Belastung, die Grundfrequenzen ansteigen [37, 74].

Nach der Pause sinkt die Grundfrequenz bei den Probandinnen wieder ab, während sie bei den Patientinnen noch weiter ansteigt. Bei den Männern, sinkt sie bei den Patienten, während sie bei den Probanden gleich bleibt. Eine 30minütige Pause scheint also bei Probanden ausreichend für eine Stimmerholung zu sein. Dieser Erholungseffekt scheint bei den Probanden einen stärkeren Einfluss auf die Grundfrequenz hat als bei den Patienten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die folgende Studie:

Niebudek et.al untersuchten Lehrer mit Berufsdysphonien nach einer 30minütigen Sprechpause nach einem Belastungstest und fanden dabei signifikant niedrigere Grundfrequenzwerte nach der Pause verglichen mit den Werten nach Belastung [64].

Vinturri et.al untersuchten Probanden Studenten nach einer 45minütigen Sprechpause nach einem Stimmbelastungstest und fanden dabei signifikant höhere Grundfrequenzwerte nach der Pause verglichen mit den Werten nach Belastung [107].

Aufgefallen ist zudem, dass sowohl bei Frauen als auch Männer die durchschnittliche Frequenz in den ersten 5 Minuten zu 70 dB am niedrigsten war, in den Minuten 6-10 zu 80 dB am höchsten und in den letzten 5 Minuten wieder zu 70 dB höher als in den ersten 5 Minuten ist, aber niedriger als in den mittleren 5 Minuten. Die Zunahme der Frequenz im Vergleich der ersten fünf Minuten mit den letzten 5 Minuten, die jeweils zu 70 dB phoniert werden sollten, kann als eine stimmliche Beanspruchung oder eine Folge stimmlicher Kompensationsbemühungen gewertet werden [85].

Zu berücksichtigen ist die kleine Fallzahl der Männer bei den Probanden und Patienten, so dass diese Ergebnisse in einer größeren Studie noch unterlegt werden müssen.

6.2.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse im Göttinger Heiserkeitsdiagramm:

Parameter (Median)	Vor Belastung	Nach Belastung	Nach Pause	Signifikanz vor-nach	Signifikanz nach- Pause	Signifikanz vor-Pause
Jitter	0,18	0,17	0,19	0,755	0,184	0,755
Shimmer	1,74	1,74	1,5	0,347	0,754	0,423
GNE	0,643	0,7405	0,676	0,028	0,239	0,034
Irregularität	2,68	2,53	2,395	0,308	0,724	0,754
Rauschen	1,715	1,31	1,58	0,028	0,239	0,034

Tabelle 18: Parameter im GHD bei Probanden

Parameter	Vor Belastung	Nach Belastung	Nach Pause	Signifikanz vor-nach	Signifikanz nach- nach Pause	Signifikanz vor-Pause
Jitter	0,18	0,18	0,23	0,611	0,136	0,186
Shimmer	1,88	2,04	2,145	0,068	0,274	0,554
GNE	0,6905	0,749	0,679	0,072	0,004	0,412
Irregularität	2,61	2,62	2,735	0,161	0,130	0,707
Rauschen	1,52	1,28	1,565	0,072	0,004	0,399

Tabelle 19: Parameter im GHD bei Patienten

In der vorliegenden Arbeit konnte sowohl bei Probanden als auch Patienten keine signifikante Abhängigkeit der Stimmparameter von der uns gewählten Stimmbelastung nachgewiesen werden. Die Lesebelastung führt in beiden Gruppen bei den meisten Parametern zu einer Besserung der Werte. Dies deuten wir als Einleseeffekt. Lediglich der Shimmer verschlechterte sich bei den Patienten nach der Belastung.

Verstraete et al. führten bei stimmgesunden jungen Frauen ebenfalls nach einem 25minütigen Stimmbelastungstest eine Stimmanalyse durch. Eine Veränderung des Jitters konnte nicht beobachtet werden [102].

Die Pause von 30 Minuten führte bei den Patienten bei allen Parametern zu keiner Besserung der Werte, bei den Probanden lediglich beim Shimmer und der Irregularität.

Es kam zwar im Vergleich zu den Parametern nach Belastung zu einer Verschlechterung dieser Werte, diese ist jedoch nicht signifikant.

Insgesamt haben sich die Stimmparameter im GHD zwar an den 3 verschiedenen Meßzeitpunkten Veränderungen gezeigt, diese sind jedoch noch meist im physiologischen Bereich.

Zur Erfassung der subjektiven Beschwerden nach der Pause, ist in zukünftigen Studien ein weiterer Fragebogen nach der Pause sinnvoll.

Erschwerend auf die Diagnose einer Stimmermüdung nach Belastung wirkt, dass der Stimmapparat sich kurzfristig an eine Belastung anpassen kann und Ermüdungserscheinungen unterdrückt werden können [61].

6.3 Untersuchungsergebnisse im Zusammenhang

6.3.1 Berufliche Sprechbelastung und Gesamtscore VHI

Hypothese: Personen mit einer hohen beruflichen Sprechbelastung haben einen hohen Score im VHI.

Der folgende Plot zeigt das Verhältnis von beruflicher Sprechbelastung zum Gesamtscore des VHI.

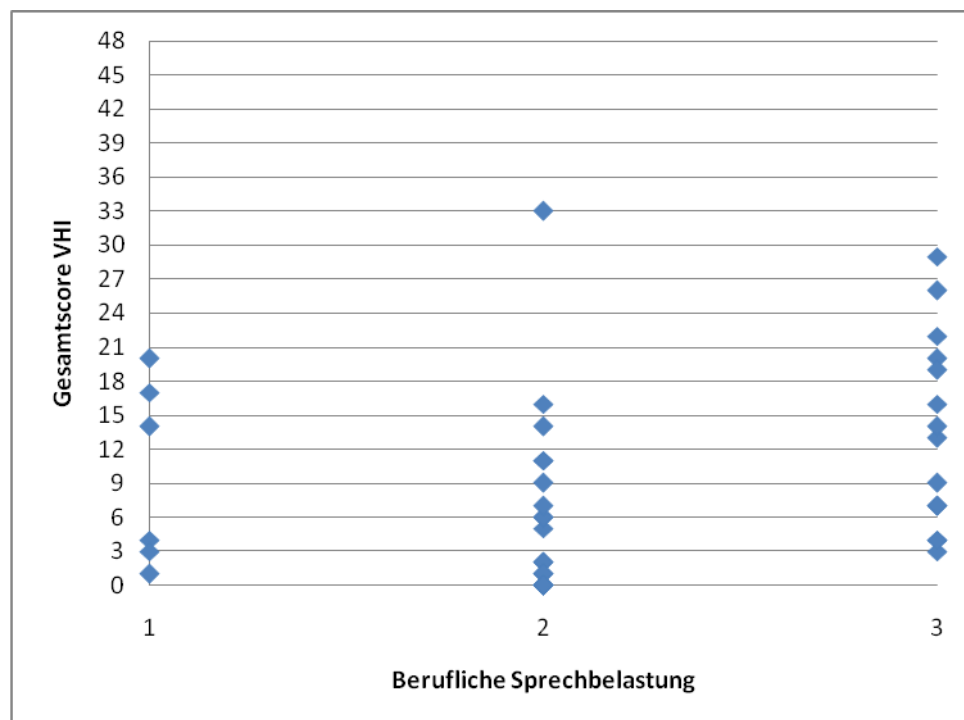


Abbildung 50: Berufliche Sprechbelastung (1=niedrige Belastung bis 3=hohe Belastung) im Verhältnis zum Gesamtscore im VHI

Die Hypothese kann nicht angenommen werden, da die Korrelation nicht signifikant ($p=0,119$) ist ($R=0,250$).

Auch Maertens et.al konnten keine signifikante Korrelation zwischen der beruflichen Sprechbelastung und dem VHI feststellen [51].

6.3.2 „Stimme heute“ und Failure

Hypothese: Personen mit hochgradig gestörter Stimme am Untersuchungstag haben eine hohe Failuresumme und Personen mit normaler Stimme eine niedrige.

Die folgende Abbildung zeigt das Verhältnis der „Stimme heute“ zur Failuresumme.

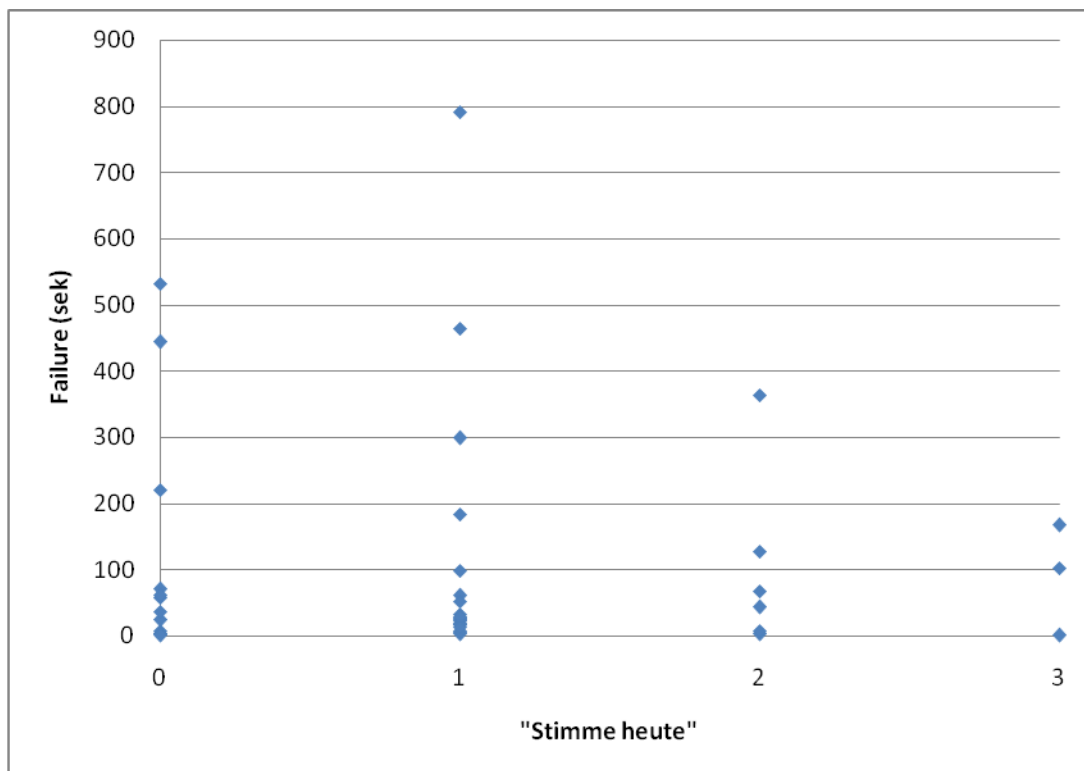


Abbildung 51: „Stimme heute“ (0=normale Stimme bis 3=hochgradig gestörte Stimme) im Verhältnis zur Failuresumme im Belastungstest

Am Plot sieht man, dass eine schlechte Beurteilung der Stimme nicht deutlich mit einer hohen Failuresumme einhergeht.

Der Statistik belegt dies: der Zusammenhang ist nicht signifikant ($p=0,753$).

6.3.3 Vergleich Fragebogen 1 und 2

Hypothese: Sowohl Probanden als auch Patienten haben nach Belastung signifikant höhere Punktzahlen als vor Belastung vergeben.

1.Probanden

Wie die folgenden Tabelle zeigt haben die Probanden nach Belastung im Durchschnitt höhere Punktzahlen vergeben.

	Vor Belastung	Nach Belastung
Durchschnitt	4,375	5,38
Median	2,0	3,5
Standardabweichung	5,2619	5,023

Tabelle 20: Probanden: Punkte im Fragebogen vor und nach Belastung bezogen auf die Gesamtpunktzahl

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Gesamtpunkte von Probanden vor und nach Belastung. Es wurde eine Einteilung wie folgt vorgenommen:

F- 0 = Fragebogen mit 0 cm gesamt = keine Beschwerden

F - 1 = Fragebogen mit 1-10 cm gesamt = geringgradige Beschwerden

F - 2 = Fragebogen mit 11-30 cm gesamt = mittelgradige Beschwerden

F - 3 = Fragebogen mit 31-50 cm gesamt = starke Beschwerden

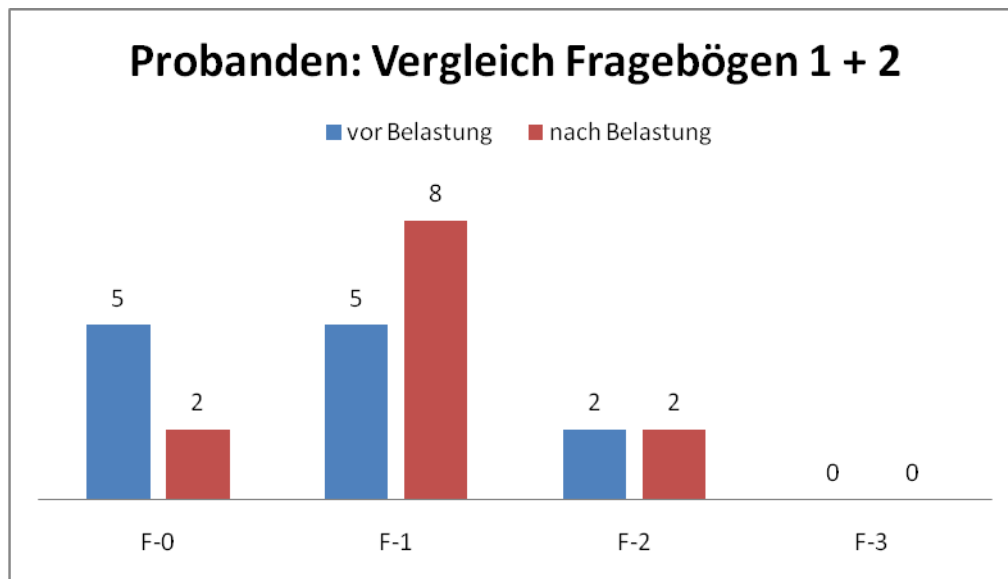


Abbildung 52: Vergleich der Gesamtpunktzahl im Fragebogen vor und nach Belastung

Die Unterschiede in der Verteilung sind nicht signifikant ($p=0,155$).

2. Patienten

Wie folgende Tabelle zeigt, haben auch Patienten nach Belastung im Durchschnitt höhere Punktzahlen vergeben.

	Vor Belastung	Nach Belastung
Durchschnitt	13,143	16,04
Median	13,00	13,00
Standardabweichung	7,5078	10,273

Tabelle 21: Probanden, Punkte im Fragebogen vor und nach Belastung bezogen auf die Gesamtpunktzahl

Die folgende Abbildung zeigt einen Vergleich der vergebenen Punktzahlen bei Patienten vor und nach Belastung.

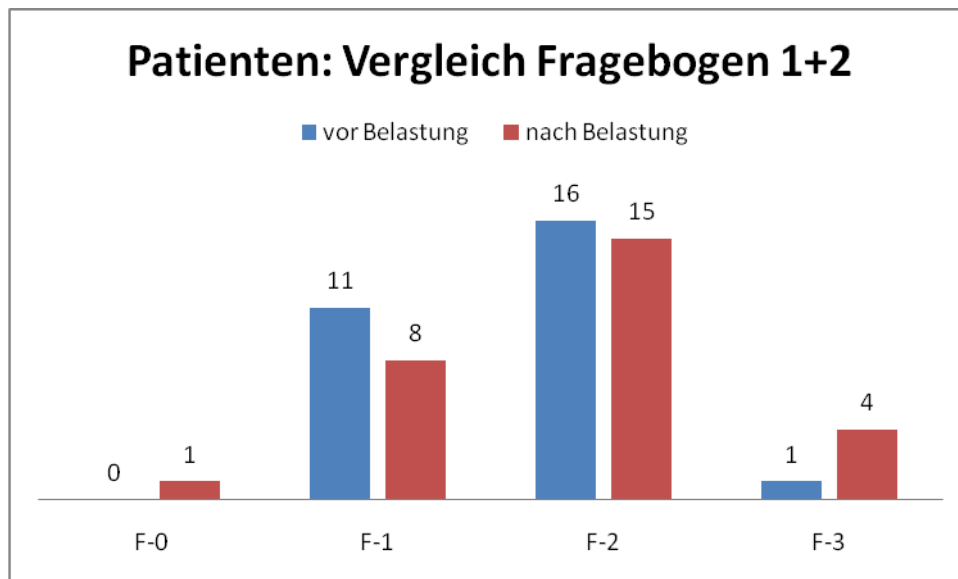


Abbildung 53: Vergleich der Gesamtpunktzahl im Fragebogen vor und nach Belastung

Die unterschiedliche Verteilung ist signifikant ($p=0,037$).

Kelchner et.al. [39] stellten nach einem zweistündigen Stimmbelastungstest ebenfalls eine signifikante Verschlechterung des subjektiven Stimmfindens fest. Andere Studien haben die Zunahme von Beschwerden bei Personen mit hoher beruflicher Sprechbelastung vor der Arbeit und nach einem sprechintensiven Arbeitstag untersucht:

Lehto et al.[49] konnten eine signifikante Zunahme von subjektiven Symptomen im Verlauf eines Arbeitstages bei Call-Center-Mitarbeiterinnen feststellen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Laukkanen et.al [47] in ihrer Studie.

Die folgenden Tabellen stellen die einzelnen Symptome vor und nach Belastung gegenüber:

Halssymptome	Vor Belastung	Nach Belastung	Signifikanz
Brennen	2,1786	3,0536	0,013
Trockenheit	4,2678	5,25	0,065
Hustenreiz	3,3571	2,5179	0,043
Verschleimung	3,75	2,9643	0,008
Schluckbeschwerden	1,7679	2,25	0,066

Tabelle 22a: Probanden, Halssymptome und durchschnittliche vergebene Punkte vor und nach Belastung

Halssymptome (Mittelwert einer Skala von 1 bis 10 cm auf einer VAS)	Vor Belastung	Nach Belastung	Signifikanz
Brennen	0,25	0,625	0,273
Trockenheit	1,2083	2,5	0,043
Hustenreiz	0,8333	0,7916	1,0
Verschleimung	1,9166	1,25	0,167
Schluckbeschwerden	0,4166	0,2083	1,0

Tabelle 22b: Patienten, Halssymptome und durchschnittliche vergebene Punkte vor und nach Belastung

Betrachtet man die durchschnittlich vergebenen Werte bei Probanden, so fällt auf, dass sich bis auf das Symptom Trockenheit die Werte kaum ändern und beim Hustenreiz, der Verschleimung und den Schluckbeschwerden nach der Belastung sogar abnehmen. Lediglich bei der Trockenheit kommt es zu einem signifikanten Unterschied: die Trockenheit nimmt signifikant zu und wird auch von allen Symptomen nach Belastung am stärksten empfunden, gefolgt von der Verschleimung.

Bei den Patienten finden wir bei fast allen Symptomen einen signifikanten Unterschied bzw. einen Trend dazu, wenn wir uns die Werte vor und nach Belastung betrachten. Auch hier nehmen Hustenreiz und Verschleimung nach der Belastung ab und das Symptom Trockenheit wird vor und nach der Belastung am stärksten empfunden.

Besonders die Trockenheit scheint bei unserem Belastungstest sowohl von Probanden als auch Patienten als sehr unangenehm empfunden worden zu sein, wobei zwischen Patienten und Probanden bei allen Symptomen sowohl vor als auch nach Belastung signifikante Unterschiede bestehen. Wir können also folgern, dass der Belastungstest insbesondere für Patienten zu einer Zunahme der Symptome Trockenheit und Brennen führt. Viele der Patienten arbeiten in Berufen mit hoher Sprechbelastung, so dass wir annehmen müssen, dass eine noch längere Sprechbelastung in dieser Lautstärke als sehr unangenehm empfunden werden muss.

Sliwinska-Kowalska et al. [92] beobachteten, dass nach einer Stimmbelastung alle Lehramtsstudenten über Stimmermüdungssymptome klagten. Am häufigsten über Heiserkeit und Trockenheit im Halsbereich.

Laukanen et al. [46] untersuchten männliche Lehrer vor und nach ihrem Arbeitstag auf subjektive Beschwerden. Dabei unterteilten sie die Lehrer in eine Gruppe, die oft an Stimmermüdungssymptomen litt und eine die seltener Symptome verspürte. Erstere beklagte nicht nur signifikant häufiger Stimmermüdungssymptome, die Symptome nahmen auch im Vergleich vor und nach der Arbeit signifikant zu.

Laukkanen et al. [47] untersuchten in einer anderen Studie Lehrerinnen und beobachteten auch bei ihnen eine statistisch signifikante Zunahme der subjektiven Symptome nach dem Arbeitstag.

Vitturi et al. [106] untersuchten Studenten beider Geschlechter auf verschiedene subjektive Beschwerden nach einem ausgedehnten Stimmbelastungstest. Am häufigsten fanden sich dabei Trockenheit im Rachen-und Halsbereich sowie andere Symptome im Halsbereich.

6.3.4 „Lautstärke erreicht“ zu Failure

Hypothese: Personen, die angegeben haben, sie hätten die Lautstärke so gut wie nie erreicht, haben eine hohe Failuresumme und umgekehrt.

Der folgende Plot zeigt das Verhältnis der „Lautstärke erreicht“ zur Failuresumme. Man erkennt, dass Personen, die eingeschätzt haben sie hätten die Lautstärke gut eingehalten auch niedrige Failuresummen aufweisen und umgekehrt, dass Personen die sich schlecht eingeschätzt haben hohe Failurewerte aufweisen:

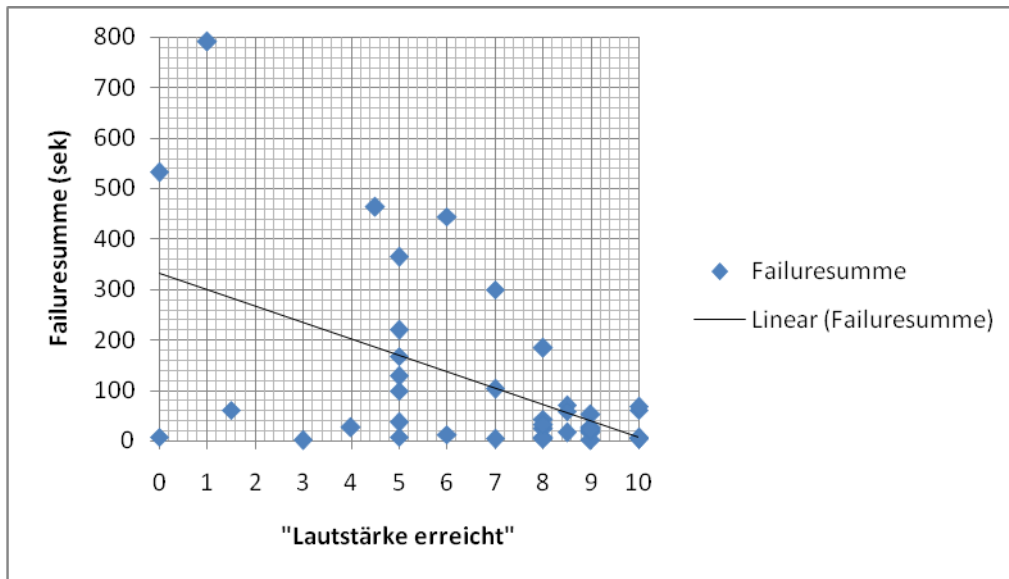


Abbildung 54: Korrelation zwischen Failuresumme und vergebener Punktzahl in Bezug auf die erreichte Lautstärke im Fragebogen nach Belastung

Die Korrelation ist statistisch signifikant ($p=0,001$). Der Korrelationskoeffizient R beträgt 0,52, d.h. je niedriger die vergebene Punktzahl, desto höher die Failuresumme.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Feedbackmethode über das Wechseln der Bildschirmfarbe beim Stimmbelastungstest gut funktioniert, und dass die Versuchsteilnehmer ihr Abschneiden im Test realistisch beurteilen konnten.

6.3.5 Abhängigkeit der Grundfrequenz vom Lautstärkepegel

Hypothese: Mit steigendem Lautstärkepegel nimmt die Grundfrequenz zu.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Korrelationen zwischen Lautstärkepegel und Grundfrequenz getrennt nach Männern und Frauen:

Männer:

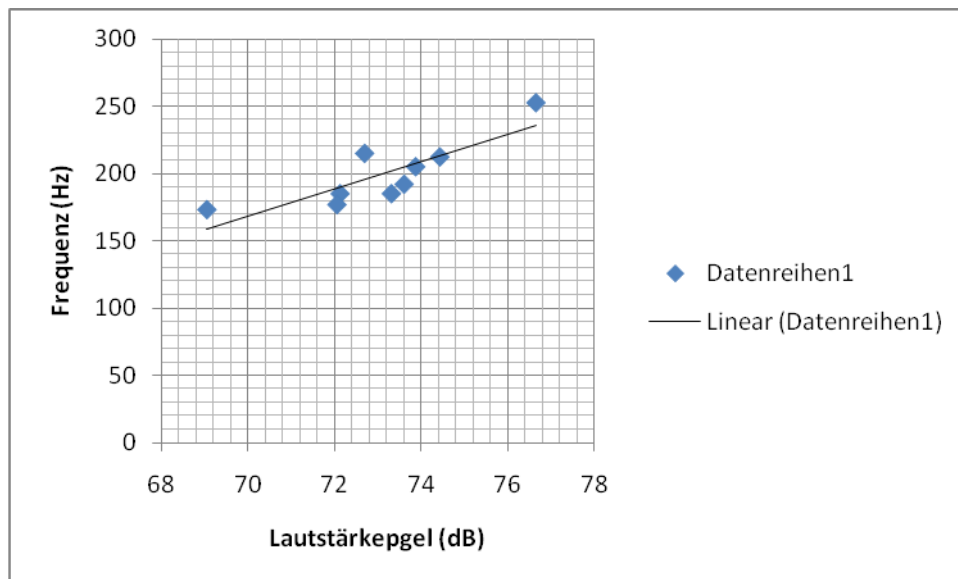


Abbildung 55: Korrelation zwischen Lautstärkepegel und Frequenz im Stimmbelastungstest bei Männern (Patienten und Probanden)

Diese Korrelation bei den Männern ist signifikant ($P=0,005$). $R=0,834$

Frauen:

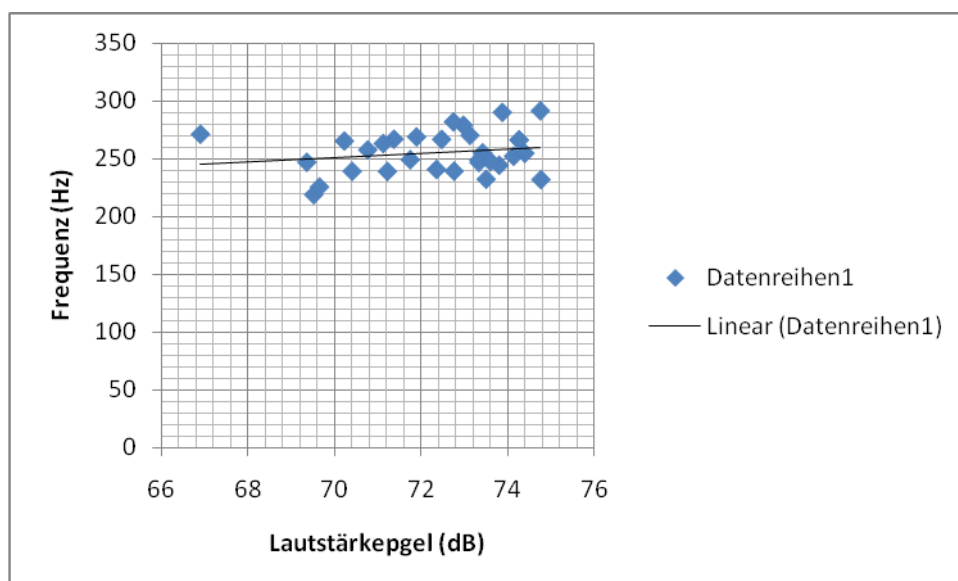


Abbildung 56: Korrelation zwischen Lautstärkepegel und Frequenz im Stimmbelastungstest bei Frauen (Patientinnen und Probandinnen)

Die Korrelation bei den Frauen ist nicht signifikant ($p=0,277$, $R=0,202$).

Bei den Männern besteht eine signifikante positive Korrelation zwischen der Höhe der Lautstärke und der Grundfrequenz, d.h. je höher die Lautstärke war, desto höher war die Frequenz.

Bei den Frauen ist diese Korrelation nicht signifikant, jedoch ist ein Trend einer erhöhten Grundfrequenz bei lauter Phonation erkennbar. Bei den Frauen kommt es bei höheren Lautstärkepegeln zu einer größeren Streuung der Werte.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Schahnaz [82] in ihrer Studie, wobei dort die Frauen bei der Phonation mit 80 dB im Vergleich zu 60 dB eine signifikant höhere Grundfrequenz aufwiesen.

6.3.6 Korrelation zwischen dem VHI-Score und Stimmparametern im Göttinger Heiserkeitsdiagramm vor Belastung (Shimmer, Jitter, GNE und Grundfrequenz)

Hypothese: Personen mit einem hohen VHI haben auch hohe Werte im Heiserkeitsdiagramm vor Belastung.

6.3.6.1 Jitter:

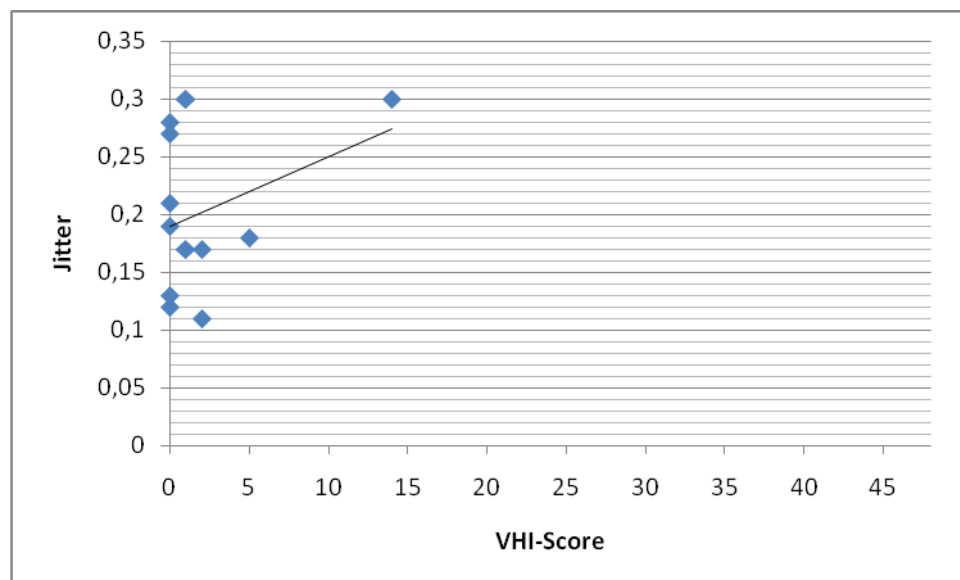


Abbildung 57: Abhängigkeit des Jitters vor Belastung vom VHI-Score bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,270$, $R=0,347$).

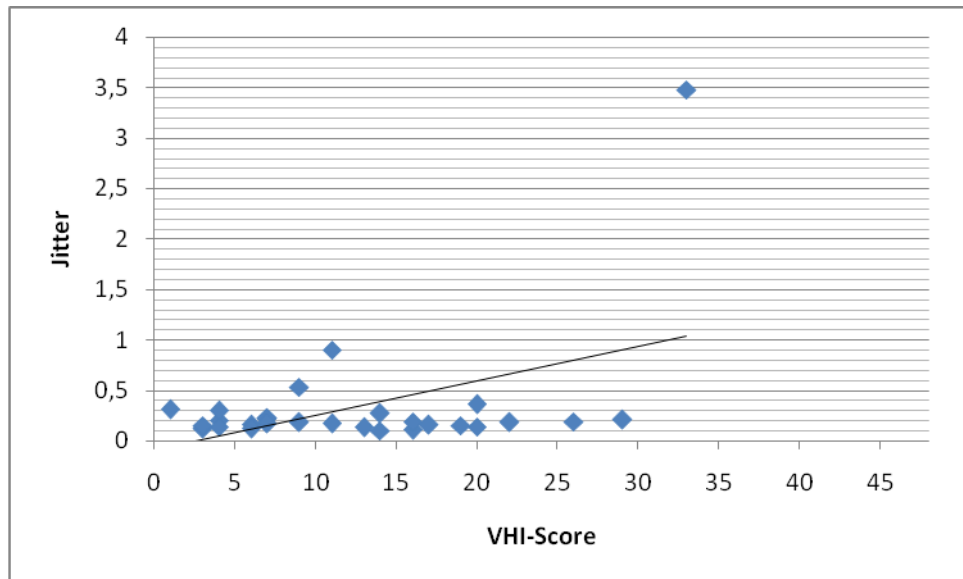


Abbildung 58: Abhängigkeit des Jitters vor Belastung vom VHI-Score bei Patienten

Die Korrelation ist signifikant ($p=0,016$, $R=0,451$).

6.3.6.2 Shimmer:

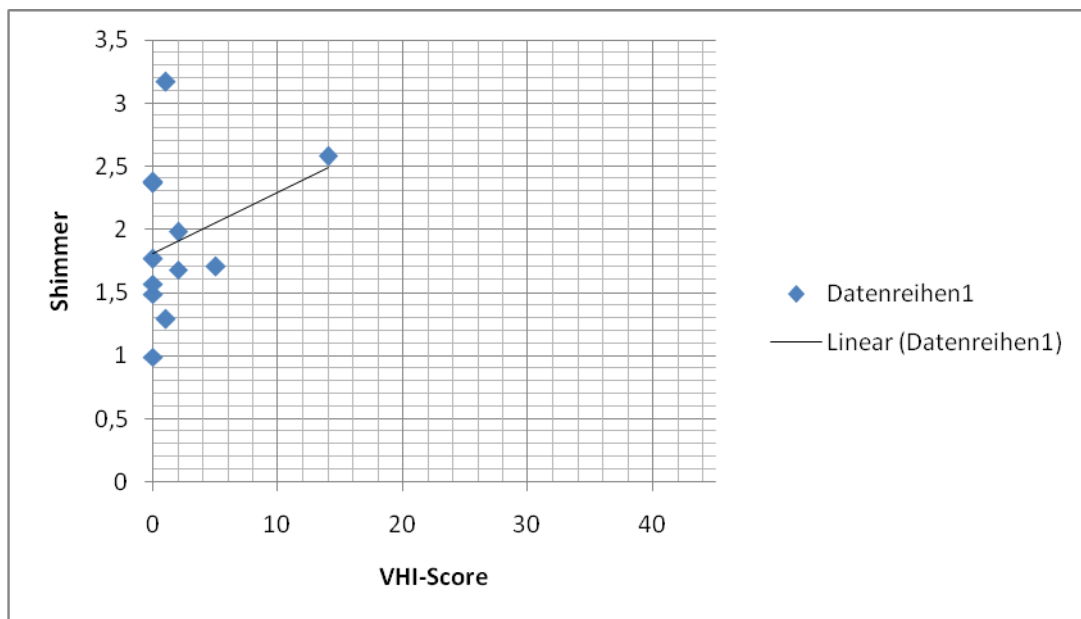


Abbildung 59: Korrelation zwischen dem Shimmer vor Belastung und dem VHI-Score bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,317$, $R=0,316$).

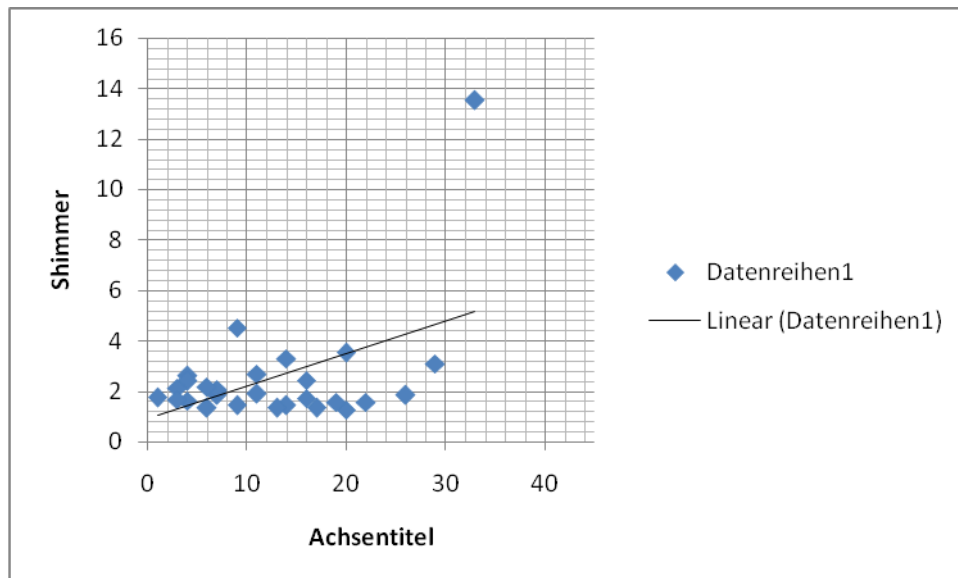


Abbildung 60: Korrelation zwischen dem Shimmer vor Belastung und dem VHI-Score bei Patienten

Die Korrelation ist signifikant ($p=0,011$, $R=0,471$).

6.3.6.3 GNE:

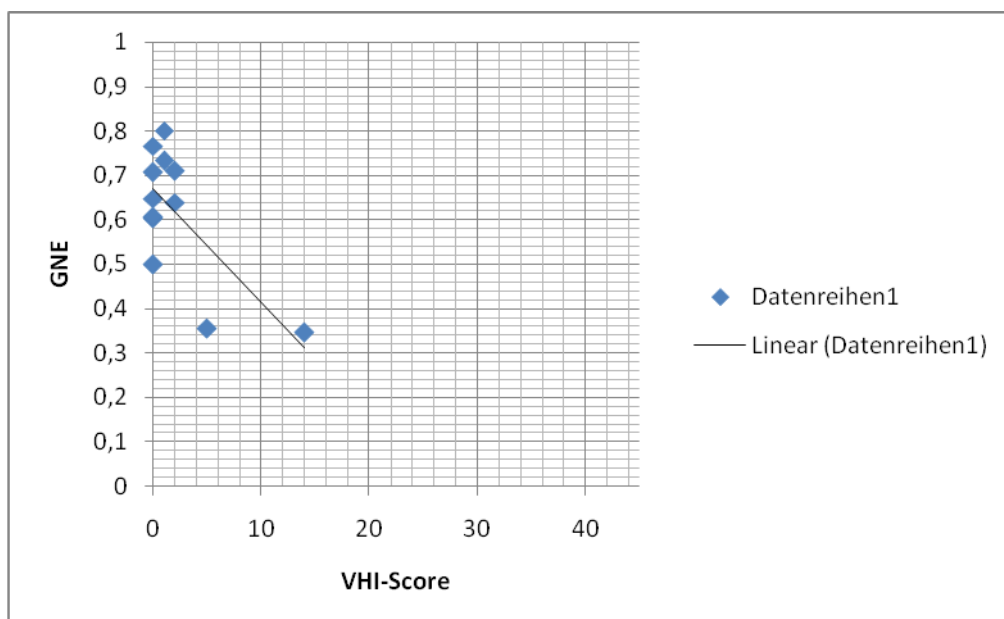


Abbildung 61: Korrelation zwischen der GNE vor Belastung und dem VHI-Score bei Probanden

Die Korrelation ist signifikant ($p=0,012$, $R=-0,694$).

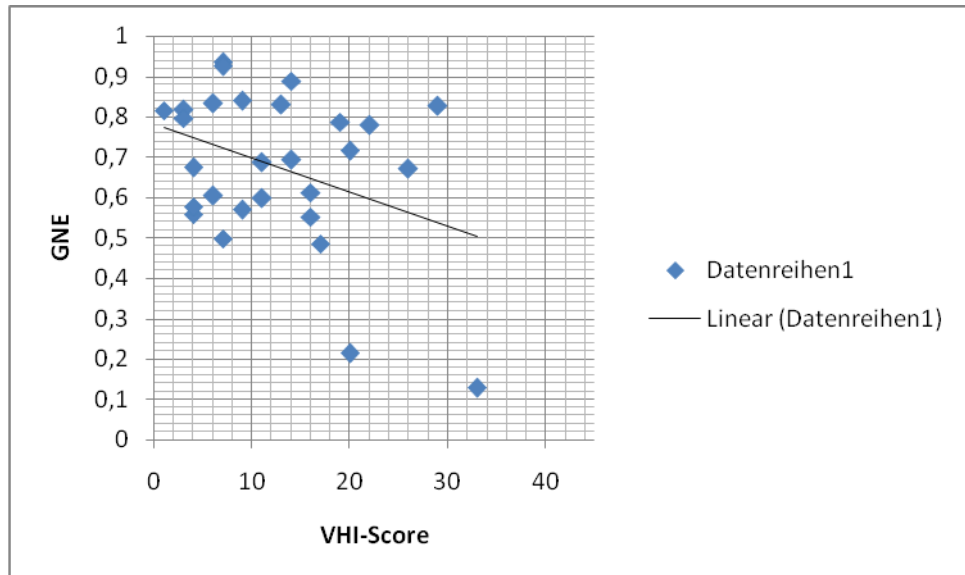


Abbildung 62: Korrelation zwischen der GNE vor Belastung und dem VHI-Score bei Patienten

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,053$, $R=-0,369$).

6.3.6.4 Grundfrequenz:

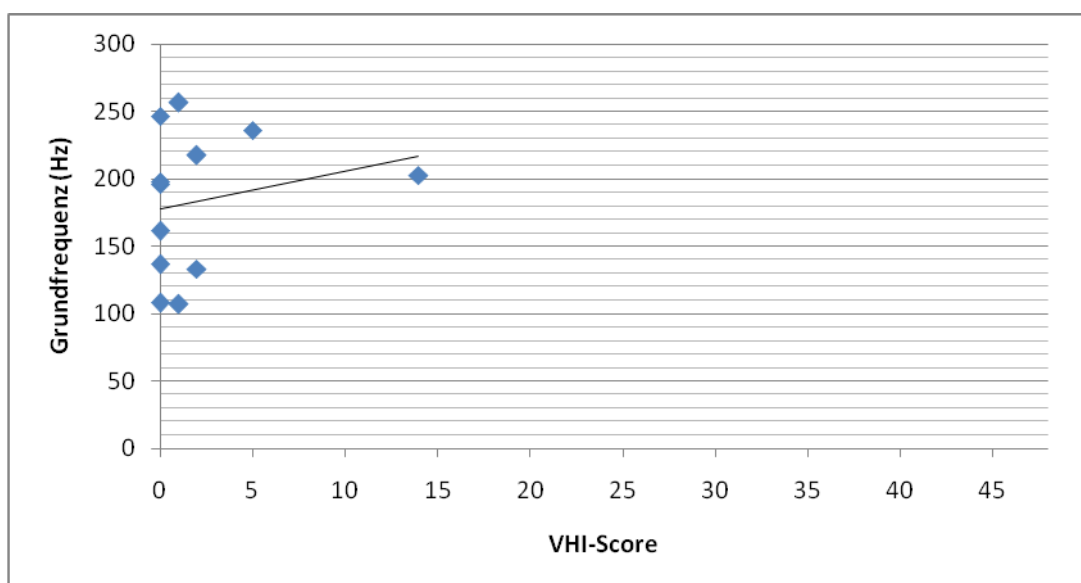


Abbildung 63: Abhängigkeit der Grundfrequenz vor Belastung vom VHI-Score bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,503$, $R=0,215$).

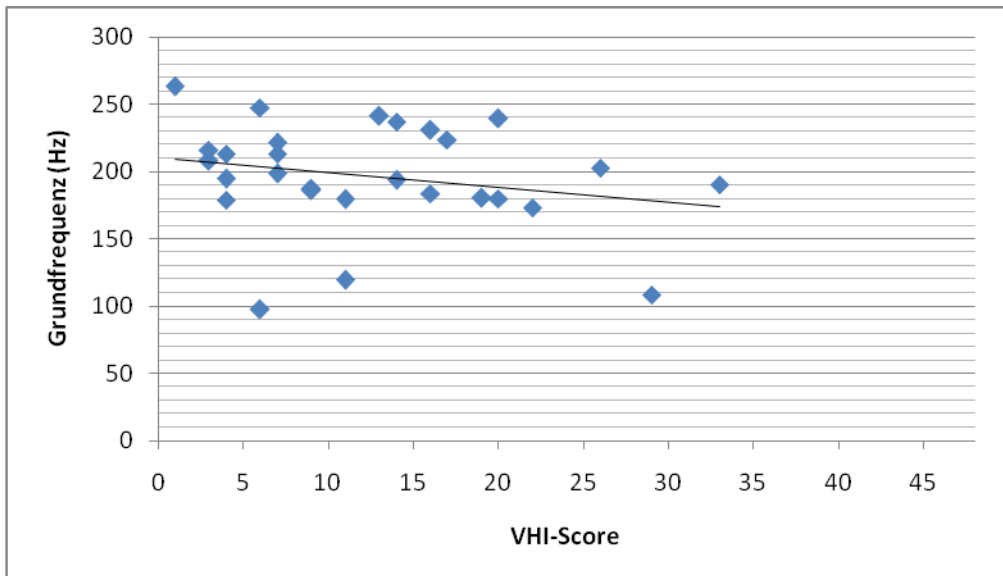


Abbildung 64: Abhängigkeit der Grundfrequenz vor Belastung vom VHI-Score bei Patienten

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,227$, $R=-0,236$).

Patienten weisen beim Jitter und Shimmer eine signifikante positive Korrelation zum VHI-Score auf, d.h. je höher der VHI-Score war, desto höher waren die Jitter-und Shimmerwerte im GHD vor Belastung.

Hsiung et. al [33] dagegen konnten keine signifikante Korrelation zwischen dem VHI und objektiven Heiserkeitsparametern bei Patienten feststellen.

In unserer Studie ist der VHI als ein verlässliches Instrument zur Erfassung einer Stimmstörung in Kombination mit einer Stimmanalyse anzusehen. Die Jitter-und Shimmerwerte sind geeignete Maße zur objektiven Messung der Heiserkeit bei Patienten.

Die GNE-Werte korrelieren bei den Probanden signifikant negativ mit dem VHI-Score, d.h., dass je höher der Score war, desto niedriger die GNE ausfiel. Bei den Patienten ist die Korrelation zwar nicht signifikant, es zeigt sich jedoch ein deutlicher Trend zu einer ebenfalls negativen Korrelation.

Andere Studien konnten eine positive Korrelation zwischen Heiserkeitsgrad und NHR feststellen [14, 41, 117, 118].

6.3.7 Abhängigkeit der Stimmbeschwerden zu Shimmer, Jitter und GNE

Hypothese: Personen mit starken Beschwerden nach der Belastung (Fragebogen 2) haben hohe Werte im GHD nach Belastung. Bei der Punktzahl im Fragebogen 2 in den Abbildungen handelt es sich um die Summe der vergebenen Punkte.

6.3.7.1 Jitter:

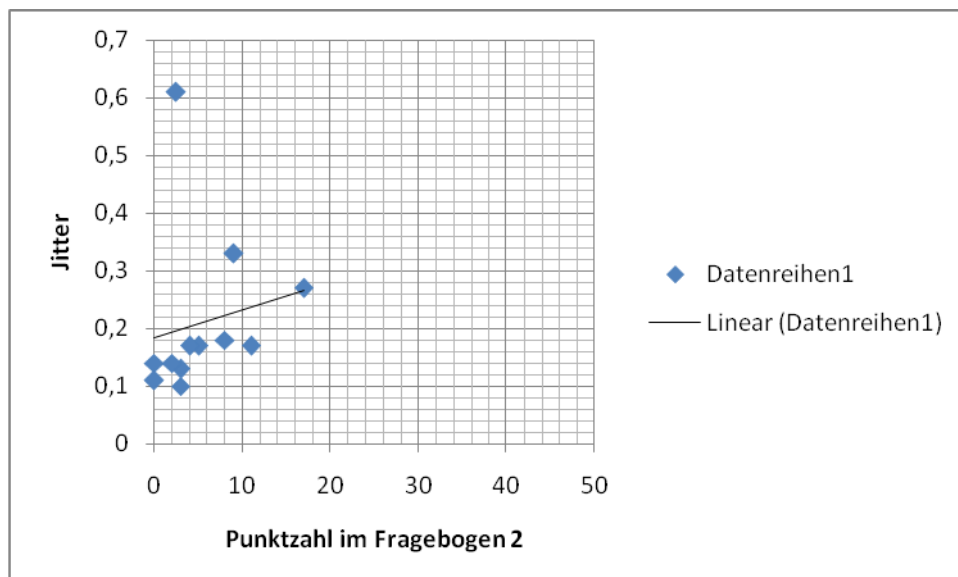


Abbildung 65: Abhängigkeit des Jitters von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,593$, $R=0,172$).

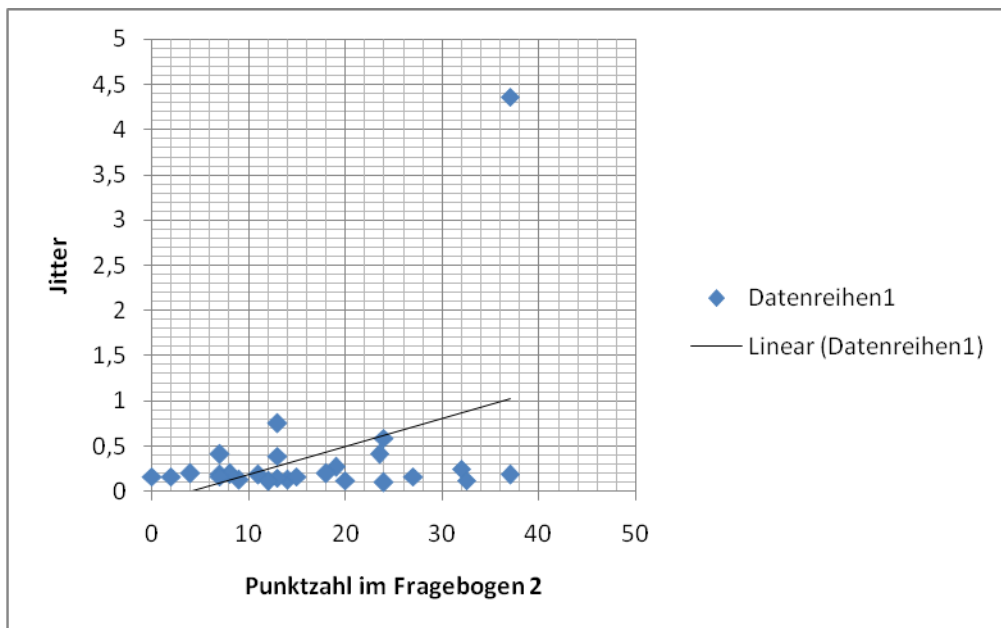


Abbildung 66: Abhängigkeit des Jitters von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Patienten

Die Korrelation ist schwach positiv signifikant ($p=0,033$, $R=0,403$).

6.3.7.2 Shimmer:

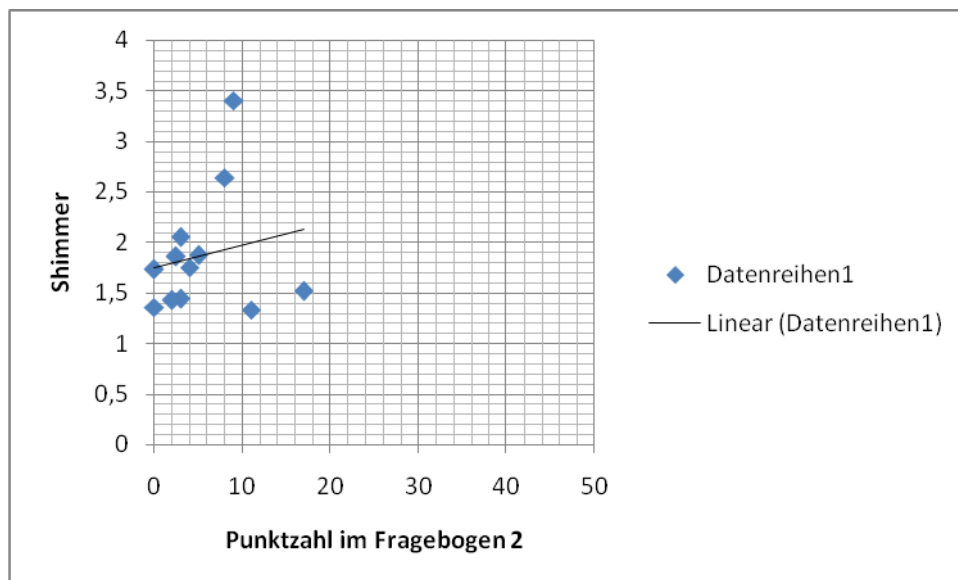


Abbildung 67: Abhängigkeit des Shimmers von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,563$, $R=0,186$).

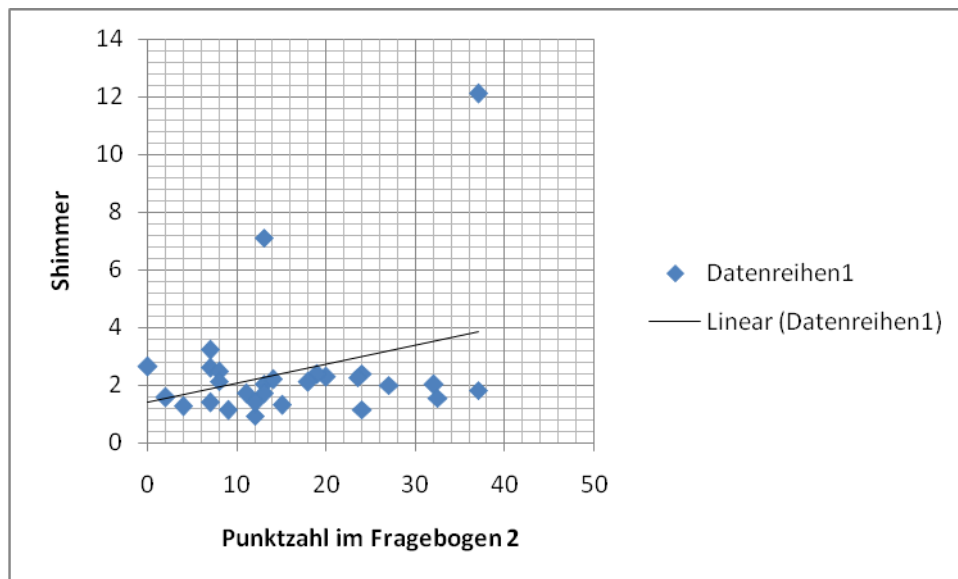


Abbildung 68: Abhängigkeit des Shimmers von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Patienten

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,104$, $R=0,313$).

6.3.7.3 GNE:

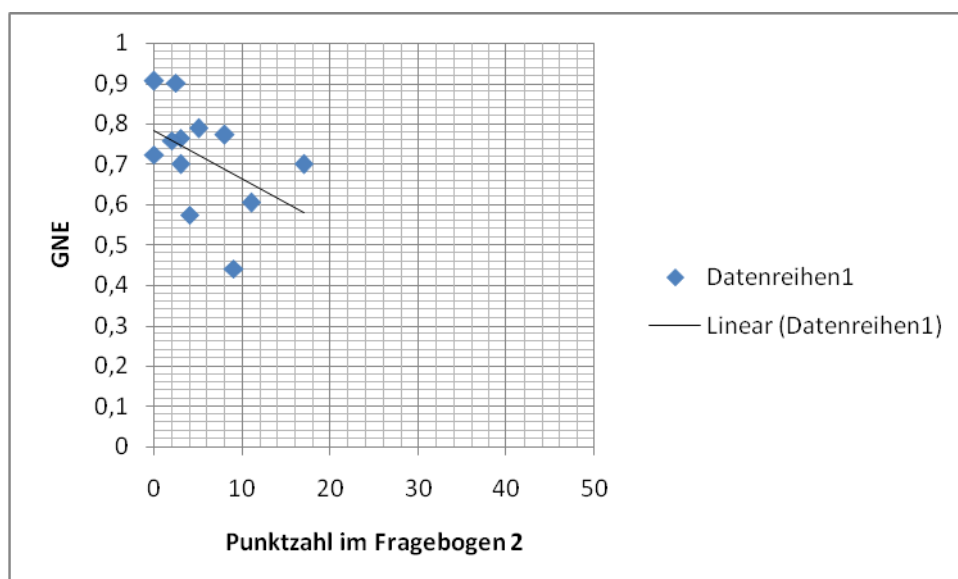


Abbildung 69: Abhängigkeit der GNE von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Probanden

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,137$, $R= -0,455$).

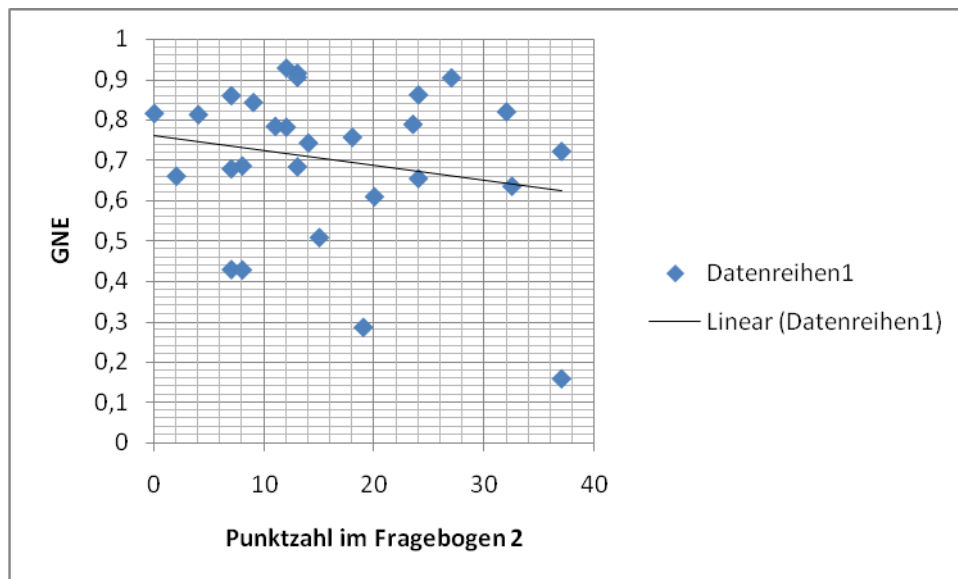


Abbildung 70: Abhängigkeit der GNE von den subjektiven Beschwerden nach Belastung bei Patienten

Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,306$, $R=-0,206$).

Die Stimmparameter im GHD korrelieren in unserer Studie nicht mit den subjektiven Stimmbeschwerden, wobei die gemessenen Werte im GHD auch nicht bzw. nur bei einigen Ausnahmen pathologisch waren.

Andere Studien konnten eine positive Korrelation zwischen Stimmbeschwerden und objektiv gemessenen Stimmparametern finden:

Jones et.al [36] sowie Södersten et.al [95] konnten unabhängig voneinander eine positive signifikante Korrelation zwischen Jitter und Stimmbeschwerden beobachten.

6.3.8 Korrelation zwischen maximaler Stimmlautstärke und Failuresumme bei Patienten

Um zu überprüfen, ob die von uns gewählte Belastung für die Patienten angemessen ist, haben wir die maximalen Stimmlautstärken der Patienten ermittelt.

Patient	Maximale Stimmlautstärke (dB)	Failuresumme (sek)
1	74	1
2	78	99
3	81	128
4	78	7
5	90	22
6	85	1
7	93	33
8	77	3
9	80	61
10	76	16
11	82	444
12	84	184
13	75	532
14	59	43
15	81	17
16	68	8
17	70	464
18	90	791
19	91	61
20	90	52
21	80	26
22	72	28
23	77	299
24	77	102
25	68	167
26	70	13
27	77,5	67
28	65	364

Tabelle 23: Maximale Stimmlautstärke und Failuresumme im Stimmbelastungstest bei Patienten

4 Patienten (14,16,25,28) haben eine maximale Stimmlautstärke, die unter 70 dB liegt, d.h. unter dem geforderten Mindestlautstärkepegel im Stimmbelastungstest.

Die folgende Tabelle zeigt den Mittelwert und Median der Failuresumme der Patienten:

Mittelwert	Median	Standardabweichung
144,04	56,50	200,077

Tabelle 24: Failuresumme: Mittelwert und Median

Zwei dieser vier Patienten haben eine überdurchschnittlich hohe Failuresumme (25,28).

Hypothese: Patienten mit einer niedrigen maximalen Stimmlautstärke haben eine hohe Failuresumme und umgekehrt.

Die folgende Abbildung zeigt die Korrelation zwischen der maximalen Stimmlautstärke und der Failuresumme bei Patienten.

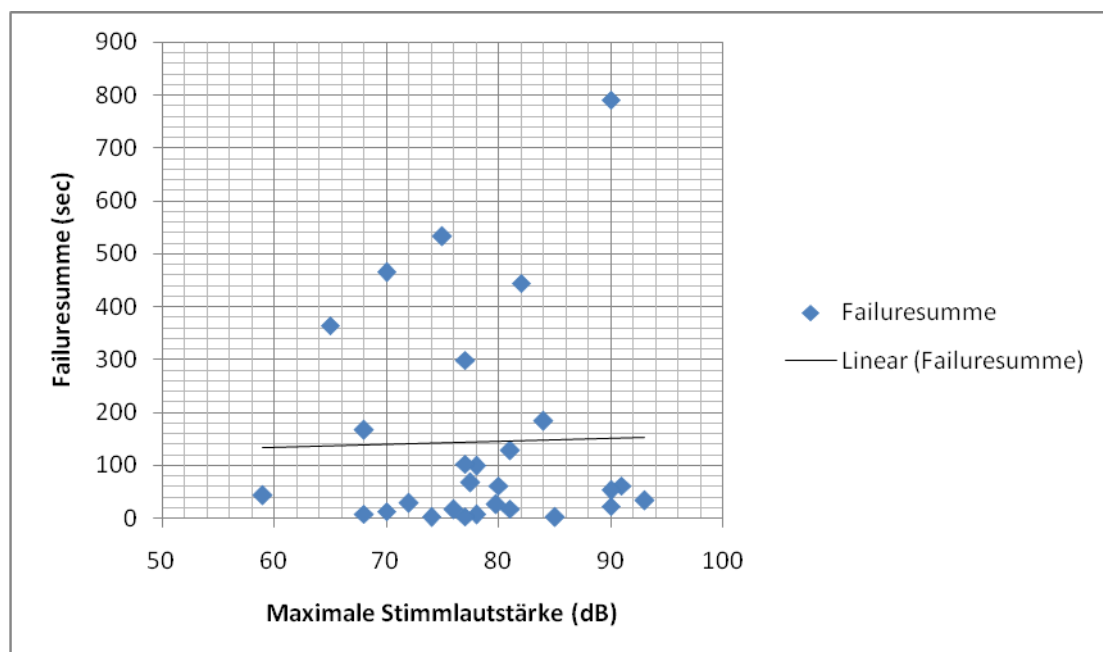


Abbildung 71: Korrelation zwischen Failuresumme und maximaler Stimmlautstärke der Patienten

Unsere Hypothese kann nicht angenommen werden. Die Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,894$). Der Korrelationskoeffizient beträgt $R=0,026$.

Zwar haben einige Patienten tatsächlich bei einer niedrigen maximalen Stimmlautstärke hohe Failuresumme, insgesamt streuen die Werte jedoch sehr stark. Eine Studie mit größerer Fallzahl ist erforderlich um diese Korrelation zu überprüfen.

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Untersuchungen der Vergangenheit haben gezeigt, dass die hohe Inzidenz von Stimmstörungen nicht nur Lehrer, sondern auch bereits Lehramtsstudenten betrifft. Trotz ihrer Stimmstörung müssen die Betroffenen in ihrem Beruf fast täglich ihre Stimme einer hohen Belastung aussetzen.

Unsere Studie sollte die Belastbarkeit stimmkranker Personen und die Auswirkung einer halbstündigen Erholungspause auf objektive und subjektive Stimmanalyseparameter untersuchen.

Unsere wichtigsten Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst:

1. Stimmkranke haben einen signifikant höheren VHI-Score als Stimmgesunde und sind einer höheren beruflichen Sprechbelastung ausgesetzt.
2. Stimmkranke haben am Untersuchungstag ein signifikant schlechteres Stimmbefinden als Stimmgesunde.
3. Stimmkranke verspüren signifikant stärkere Stimmbeschwerden vor der Belastung als Stimmgesunde. Trockenheit im Halsbereich wird bei den Stimmkranken am häufigsten angegeben.
4. Auch nach der Belastung verspüren Stimmkranke signifikant stärkere Stimmbeschwerden als Stimmgesunde. Bei beiden Gruppen dominiert die Trockenheit im Halsbereich.
5. Ein 15minütiger Belastungstest (Wechseltest 70,75,70 dB) wird von den Stimmkranken als sehr anstrengend empfunden. Auch die stimmgesunden Probanden empfanden den Test als anstrengend, jedoch nicht so stark. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist signifikant.
6. Während des Belastungstest haben stimmkranke Probanden im Durchschnitt die ganze Zeit mit niedrigerem Lautstärkepegel und höherer Failure gelesen als stimmgesunde Probanden, wobei sich dieser Unterschied besonders im Abschnitt zu 75 dB zeigt. Es besteht jedoch kein signifikanter Unterschied.

7. In der Stimmanalyse vor Belastung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Stimmkranken und Stimmgesunden für den Jitter, Shimmer und die GNE, obwohl die Stimmkranken bei allen drei Parametern schlechtere Werte bei allen 3 Messungen zeigten.

8. Nach der Belastung zeigten sich keine signifikanten Veränderungen der Stimme bei stimmkranken und stimmgesunden Probanden in Bezug auf den Jitter und Shimmer auch wenn die Werte nach Belastung bei beiden Gruppen anstiegen.

Die GNE dagegen besserte sich bei den stimmgesunden Probanden signifikant nach Belastung und zeigte auch bei den stimmkranken Probanden einen Trend dazu. Somit scheint die GNE einem Einleseeffekt zu unterliegen.

9. Eine 15 - minütige Pause wirkt sich in der Stimmanalyse sehr unterschiedlich auf die einzelnen Stimmparameter aus. Während beim Rauschen annähernd die Ausgangswerte erreicht werden, besserten sich die Shimmerwerte bei Probanden, GNE, Irregularität und Grundfrequenzwerte verschlechterten sich sogar. Dies könnte daran liegen, dass es nach der hohen Belastung, bei der es zu einer Aufwärmung und Dehnung der Stimmlippen gekommen ist, nach einer plötzlichen Sprechpause von 15 Minuten wieder zu einer Abkühlung der Stimmlippen kommt, und der positive Effekt des Einlesens verloren geht.

10. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Grundfrequenz zwischen stimmkranken und stimmgesunden Frauen bzw. Männern zu den 3 Messzeitpunkten.

11. In der Stimmanalyse des GHD konnten wir lediglich beim Shimmer vor Belastung bei den Patienten einen signifikanten Unterschied bezüglich der Geschlechter feststellen.

12. Die subjektiven Beschwerden nehmen sowohl bei stimmkranken Probanden als auch stimmgesunden Probanden nach der Belastung zu. Bei den stimmkranken Probanden ist die Zunahme signifikant.

Die Zunahme der Beschwerden ist bei den Stimmkranken stärker als bei den Stimmgesunden.

Die von uns gewählte Stimmbelastung beeinträchtigt das subjektive Stimmbefinden von Stimmkranken stärker als das von Stimmgesunden. Der Test war für die Stimmkranken eine stärkere Belastung als für die Stimmgesunden.

13. Probanden, die die Belastung als besonders anstrengend empfunden haben, haben eine hohe Failure im Test. Das subjektive Empfinden korreliert mit der Failuresumme im Stimmbelastungstest.
14. Wir konnten eine signifikante positive Korrelation zwischen den Jitter- und Shimmerwerten und dem VHI-Score bei Stimmkranken nachweisen. Stimmkranke, die einen hohen VHI-Score angegeben haben, hatten auch erhöhte Jitter- und Shimmerwerte im GHD vor Belastung und umgekehrt. Der VHI ist somit eine sinnvolle Ergänzung zur Stimmanalyse.
15. Wir fanden eine negative Korrelation zwischen dem VHI und der GNE vor Belastung sowie den Stimmbeschwerden nach Belastung und dem GNE nach Belastung bei Stimmkranken und Stimmgesunden.

8 Praxistauglichkeit des Stimmbelastungstest

Der Stimmbelastungstest hat sich in unserer Studie als praxistauglich erwiesen. Bei unserem Test haben Patienten sowohl bei der Failuresumme als auch der Lautstärke schlechtere Werte als die Probanden gezeigt. Im mittleren Teil mit der höchsten Belastung sind diese Unterschiede zum größten Teil signifikant. Zusammen mit der Auswertung der Stimmparameter im GHD vor und nach dem Stimmbelastungstest lassen sich mit dem Belastungstest Aussagen zur Stimmbelastbarkeit treffen.

Die subjektiv empfundenen Symptome unterstützen die Ergebnisse des Belastungstest. Vor allem bei der Trockenheit im Halsbereich und der Leseanstrengung zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen Probanden und Patienten. Es ist deshalb sinnvoll den Belastungstest durch Fragebögen zu ergänzen, die subjektive Beschwerden erfragen.

In zukünftigen Studien wäre es interessant zu überprüfen, ob der Belastungstest vor und nach einer Stimmschulung bei stimmgestörten Patienten Unterschiede aufweist.

Verbesserungsvorschlag:

Die geforderte Lautstärke wurde in unserem Test in der linken oberen Bildschirmecke angezeigt. Der Wechsel zwischen den Lautstärkeanforderungen wurde deshalb nicht optimal bzw. mit Verzögerung wahrgenommen. In zukünftigen Tests könnte man den Wechsel durch größere Zahlen in der Bildschirmmitte anzeigen.

9 Mögliche Fehlerquellen in der Studie

In unserer Studie stellten wir im Rückblick einige mögliche Fehlerquellen fest.

9.1 Geringe Fallzahl und ungleiche Geschlechterverteilung

Zum einen fällt die kleine Fallzahl der Probanden (12) im Gegensatz zu den Patienten auf (28), so dass die weitere Unterteilung in diesen Gruppen nach Geschlechtern bei den Männern aufgrund der kleinen Gruppengrößen (4 Männer in der Kontrollgruppe, 5 Männer in der Fallgruppe) kaum aussagekräftig ist. Deshalb wurde zum Beispiel bei der Berechnung der Abhängigkeit des Lautstärkepegels von der Grundfrequenz bewusst auf eine weitere Unterteilung in den beiden Gruppen verzichtet und stattdessen, in den gesamten Frauen-bzw. Männeranteil aufgeteilt ohne den Status (Proband oder Patient) zu berücksichtigen.

9.2 Alter

Auch beim Alter fällt eine ungleiche Verteilung in beiden Gruppen auf: die Patienten haben ein wesentlich höheres Durchschnittsalter (48 Jahre) als die Probanden (30 Jahre). Frühere Studien die den Einfluss des Alters auf verschiedene Stimmanalyseparameter untersuchten kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen:

Hakkesteege et.al.[29] untersuchten stimmgesunde Erwachsene zwischen 20 und 79 Jahren beider Geschlechter auf Unterschiede in verschiedenen Stimmparametern und konnten einen signifikanten Einfluss des Alters bei den weiblichen Probanden feststellen.

Guimares et al. [25] fanden zwar auffällige Unterschiede in der Grundfrequenz bei verschiedenen Altersgruppen, diese waren jedoch nicht signifikant.

Ferrand [18] untersuchte den Einfluss des Alters auf Jitter, NHR und die Grundfrequenz. Sie fanden signifikant niedrigere NHR-Werte bei den älteren Probanden verglichen mit den jüngeren, wobei die Autoren vermerken, dass dies ein Effekt der Medikation der älteren Probanden sein könnte.

Gorham et.al. [22] fanden einen signifikanten Einfluss des Alters auf das NHR und die Grundfrequenz.

Fernandez et al. [17] konnten keinen Einfluss des Alters auf Jitter, Shimmer und NHR feststellen.

Koojman et al. [42] beobachteten eine Abnahme im VHI-Score mit zunehmendem Alter bei Lehrern.

Aufgrund der kontroversen Ergebnisse aus früheren Studien, bleibt es zukünftigen Studien überlassen, den Einfluss des Alters auf die Stimme genauer zu untersuchen.

9.3 Raucheranteil

Wir haben in unserer Studie nicht erfragt, ob und wie viele der Studienteilnehmer rauchen. Frühere Studien konnten einen Einfluss des Zigarettenkonsums auf verschiedene Stimmparameter nachweisen.

Damborenea et al. [13] sowie Sorensen et al. [96] stellten in zwei unabhängigen Studien eine signifikant niedrigere Grundfrequenz bei Rauchern verglichen mit Nichtrauchern fest.

Gonzalez et. al [21] beobachteten signifikante Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern im Jitter bei beiden Geschlechtern und in der Grundfrequenz bei Frauen.

Guimares et al. [24] konnten zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern finden, die Raucher hatten jedoch eine niedrigere durchschnittliche Grundfrequenz als die Nichtraucher und Raucher mit Stimmbeschwerden hatten signifikant höhere Jitterwerte als Raucher ohne Stimmbeschwerden.

Es wäre somit sinnvoll in Zukunft dem VHI eine Frage zu den Rauchgewohnheiten beizufügen.

9.4 Stimmschulung

Es ist in unserer Studie nicht gefragt worden, wie viele der Studienteilnehmer an einer Stimmschulung teilgenommen haben. Unter den stimmgesunden Probanden machen 4 eine Logopädieausbildung, so dass diese Personen vermutlich wissen wie sie ihre Stimme am günstigsten belasten. Unter den stimmkranken Probanden ist eine Logopädin dabei. Wie viele der stimmkranken Probanden an einer Stimmschulung aufgrund ihrer Dysphonie teilgenommen haben ist unklar.

Vorherige Studien konnten eine Verbesserung subjektiver Beschwerden und objektiver Parameter nach einer Stimmschulung feststellen.

Niebudek et al. [65] , Sliwinska-Kowalska et al. [93] sowie Pasa et al. [68] stellten unabhängig voneinander eine signifikante Abnahme subjektiver Beschwerden und einer signifikante Zunahme der durchschnittlichen maximalen Phonationszeit bei trainierten stimmkranken im Vergleich zu untrainierten stimmkranken Lehrern fest.

Niebudek-Bogusz E, Sznurowska-Przygocka B, Fiszer M, Kotyło P, Sinkiewicz A, Modrzewska M, Sliwinska-Kowalska M., The Effectiveness of Voice Therapy for Teachers with Dysphonia, Folia Phoniatri Logop. 2008 Mar 12;60(3):134-141

In einer weiteren Studie hatten Probandinnen mit Stimmtraining nach einem 45minütigem Stimmbelastungstest signifikant niedrigere Grundfrequenzen verglichen mit den Probandinnen ohne Stimmtraining [48].

Auch Chan [9] beobachtete eine signifikante Besserung stimmanalytischer Parameter nach einem Stimmtraining bei Kindergarten-Erzieherinnen.

Timmermans et al. [98] stellten eine signifikante Verbesserung objektiver Stimmparameter und eine Abnahme im VHI-Score nach einem 18monatigem Stimmtraining bei stimmgesunden Probanden fest.

Eine andere große Studie [79] wiederum untersuchte verschiedene Studien, die sich mit der Auswirkung eines Stimmtrainings auf den VHI befassten und konnte dabei keinerlei Auswirkungen eines Stimmtrainings auf das Outcome des VHI feststellen.

Aufgrund dieser Ergebnisse wäre es sinnvoll bei zukünftigen Studien die Frage hinzuzufügen, ob eine vorherige Stimmschulung stattgefunden hat.

9.5 Tageszeit der Untersuchung

Eine eventuelle Fehlerquelle könnte die Tageszeit sein, zu welcher Probandinnen bzw. Patientinnen untersucht worden sind, denn frühere Studien haben gezeigt, dass es zu einer Zunahme der Frequenz im Laufe des Tages kommt [37, 49, 73].

9.6 Biofeedback

Bei der Durchführung des Stimmbelastungstest ist aufgefallen, dass die Probanden zwar die Unter-und Überschreitungen wahrnehmen können, jedoch nicht oder nur schlecht registrieren können wann sie die Lautstärke erhöhen müssen, d.h. wann der Wechsel von 70 dB zu 75 dB stattfindet. Der aktuell geforderte Lautstärkepegel wird in der oberen linken Ecke des Bildschirms zwar angezeigt, jedoch sind die Zahlen relativ klein abgebildet und der Proband kann nur sehr schlecht das Lesen und gleichzeitig diese Zahlen im Überblick behalten. Deshalb wäre es sinnvoll die Biofeedbackmethode so zu verändern, dass die geordnete Lautstärke in viel größeren Zahlen deutlich auf dem Bildschirm zu sehen ist.

Auch die verbleibende Zeit bis zum Ende des Tests wäre eine sinnvolle Ergänzung.

9.7 Fragebögen

Während der Studie ist uns aufgefallen, dass ein dritter Fragebogen zu den Stimmbeschwerden nach der Erholung sinnvoll gewesen wäre, um zu sehen wie sich eine 30minütige Sprechpause auf die subjektiven Beschwerden in Vergleich zu den Beschwerden vor und nach Belastung auswirkt.

10 Ausblick und Schlussfolgerung

Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine Stimmbelastung von nur 15 Minuten von den Patienten als subjektiv sehr anstrengend empfunden wird, und dass die Patienten während des Tests wesentlich mehr Unterschreitungen der geforderten Lautstärke als Stimmgesunde hatten. Stimmkranke sind also nicht wirklich gut genug für stimmintensive Berufe vorbereitet. Pathologische Stimmbefunde sollten früh diagnostiziert und behandelt werden, möglichst bevor es zu der Aufnahme eines sprechintensiven Berufs kommt. Der Stimmbelastungstest würde sich dabei gut eignen, um die Stimmbelastbarkeit einer Stimme zu überprüfen.

In unserer Studie zeigten sich stimmanalytisch bei Patienten und Probanden nach der Belastung und nach der Pause keine signifikanten Veränderungen der Jitter- und Shimmerwerte, wohl aber der GNE-Werte und der Grundfrequenz-Werte.

Auch Saggau [80] konnte in ihrer Studie, bei der sie Stimmgesunde nach einer 20minütigen Belastung zu 80dB stimmanalytisch untersuchte, keine signifikanten Veränderungen der Jitterwerte nach der Belastung feststellen.

Die stimmanalytische Untersuchung der GNE-, und Grundfrequenzwerte in Verbindung mit einer subjektiven Evaluation nach einer Belastung scheint also eine sinnvolle Möglichkeit zu sein die Belastbarkeit einer kranken Stimme objektiv zu messen.

Bei den Stimmparametern im GHD konnten wir an den 3 verschiedenen Zeitpunkten keine signifikanten Unterschiede zwischen Patienten und Probanden finden, obwohl die Patienten meist schlechtere Werte aufwiesen.

Um unsere Ergebnisse zu untermauern müsste eine Studie mit größerer Fallzahl durchgeführt werden.

Unsere Ergebnisse legen nahe, dass prophylaktische Maßnahmen zur Stimmbeurteilung von Seiten der Phoniater unbedingt zu fordern sind. Stimmkranke Personen, die in stimmintensiven Berufen arbeiten, sollten stimmhygienisch geschult werden, um nicht nur die subjektiven Beschwerden zu lindern, sondern auch um psychosoziale und psychosomatische Folgeerkrankungen zu verhindern. Stimmbelastungstests in Verbindung mit Stimmanalyse und Fragebögen zum subjektiven Befinden sollten routinemäßig in der phoniatischen Diagnostik eingesetzt

werden, da diese die Auswirkung der Belastung auf die Stimme dieser Berufsgruppen bis zum heutigen Standpunkt am besten erfassen können.

11 Literaturverzeichnis

1. Amir, O., et al., *Evaluating the validity of the Voice Handicap Index-10 (VHI-10) among Hebrew speakers*. Otolaryngol Head Neck Surg., 2006. **135**(4): p. 603-7.
2. Berger, R., *Analyse von Stimmerkrankungen in sprechintensiven Berufen*. Oto Rhino Laryngol Nova 1991. **1**: p. 305-308.
3. Biesalksi, P. and F. Frank, *Phoniatrie- Pädaudiologie*. 2 ed. 1994, Stuttgart: Thieme Verlag.
4. Blaylock, T.R., *Effects of systematized vocal warm-up on voices with disorders of various etiologies*. J Voice, 1999. **13**(1): p. 43-50.
5. Böhme, G., *Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen*. Vol. 1. 1997, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
6. Borden, G., *Speech Science Primer*. 1994, Baltimore: Williams & Wilkins. Kapitel 4.
7. Carding, P. and A. Wade, *Managing dysphonia caused by misuse and overuse*. BMJ 2000. **321**: p. 1544-1545.
8. Casado Morente, J.C., et al., *Objective study of the voice in a normal population and in dysphonia caused by nodules and vocal polyps*. Acta Otorrinolaringol Esp. , 2001. **52**(6): p. 476-82.
9. Chan, R.W., *Does the voice improve with vocal hygiene education? A study of some instrumental voice measures in a group of kindergarten teachers*. J Voice, 1994. **8**(3): p. 279-91.
10. Clausnitzer, V. and R. Clausnitzer, *Grundlagen der Therapie von Sprachstörungen und Sprechstörungen: Logopädie für Studierende und Praktiker in 3 Bdn*. 1997: Sonntag Verlag.
11. Cohen, S.M., W.D. Dupont, and M.S. Courey, *Quality-of-life impact of non-neoplastic voice disorders: A meta-analysis*. Oto. Rhinol. Laryn., 2006. **115**: p. 128-134.
12. Cramon, D. and J. Zihl, *Neuropsychologische Rehabilitation, Grundlagen Diagnostik, Behandlungsverfahren*. 1988, Berlin: Springer.
13. Damborenea, T.J., et al., *The effect of tobacco consumption on acoustic voice analysis*. Acta Otorrinolaringol Esp., 1999. **50**(6): p. 448-52.
14. Eskenazi, L., D.G. Childers, and D.M. Hicks, *Acoustic correlates of vocal quality*. J Speech Hear Res., 1990. **32**(2): p. 298-306.
15. Feldmann, H., *HNO-Krankheiten*. 5 ed. Sozialmedizinische Begutachtung in der gesetzlichen Rentenversicherung. 1995, Stuttgart, Jena, New York: Fischer. 534.
16. Feldmann, H., *Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arzt*. 5 ed. 2001, Stuttgart, New York: Georg Thieme.
17. Fernández, L.R., et al., *Acoustic analysis of the normal voice in nonsmoking adults*. Acta Otorrinolaringol Esp. , 1999. **50**(2): p. 134-41.
18. Ferrand, C.T., *Harmonics-to-noise ratio: an index of vocal aging*. J Voice, 2002. **16**(4): p. 480-7.
19. Franzen, A., *Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde*. 2 ed. 2001: Elsevier.
20. Friedrich, G., W. Bigenzahn, and P. Zorowka, *Phoniatrie und Pädaudiologie*. 2005: Hans Huber Verlag.
21. Gonzalez, J. and A. Carpi, *Early effects of smoking on the voice: a multidimensional study*. Med Sci Monit., 2004. **10**(12): p. 649-56.
22. Gorham-Rowan, M.M. and J. Laures-Gore, *Acoustic-perceptual correlates of voice quality in elderly men and women*. J Commun Disord. , 2005. **39**(3): p. 171-84.
23. Grevers, G., *Chronische Stimmüberlastung*. Fortschr Med., 1997. **115**(17): p. 35-37.

24. Guimarães, I. and E. Abberton, *Health and voice quality in smokers: an exploratory investigation*. Logoped Phoniatr Vocol., 2005. **30**(3-4): p. 185-91.
25. Guimarães, I. and E. Abberton, *Fundamental frequency in speakers of Portuguese for different voice samples*. J Voice, 2005. **19**(4): p. 592-606.
26. Gundermann, H., *Heiserkeit und Stimmchwäche*. 2002: Urban & Fischer.
27. Habermann, G., *Stimme und Sprache*. 4 ed. 2003, Stuttgart: Thieme.
28. Hacki, T., *Classification of glottal dysfunctions on the basis of electroglottography*. Folia Phoniatr (Basel), 1989. **41**(1): p. 43-8.
29. Hakkesteeft, M.M., et al., *Influence of age and gender on the dysphonia severity index. A study of normative values*. Folia Phoniatr Logop., 2006. **58**(4): p. 264-73.
30. Haupt, *Singen und Stimme. Ein Ratgeber für Singende, Chorleiter(innen), Pädagog(inn)en und Therapeut(inn)en*. 2004: Schulz-Kirchner Verlag.
31. Hemler, R., G. Wieneke, and P. Dejonckere, *The effect of relative humidity of inhaled air on acoustic parameters of voice in normal subjects*. J Voice 1997. **11**(3): p. 295-300.
32. Hermann-Röttgen, M. and E. Miethe, *Unsere Stimme*. 2006, Idstein: Schulz-Kirchner Verlag.
33. Hsiung, M.W., L. Pai, and H.W. Wang, *Correlation between voice handicap index and voice laboratory measurements in dysphonic patients*. Eur Arch Otorhinolaryngol. , 2002. **259**(2): p. 97-9.
34. J. Svec, H.K.S., *Videokymography: High-speed line scan-ning of vocal fold vibrations*. J. Voice, 1996. **10**: p. 201-205.
35. Johannes, B., et al., *Non-linear function model of voice pitch dependency on physical and mental load*. Eur J Appl Physiol. , 2007. **101**(3): p. 267-76.
36. Jones, T.M., et al., *Objective assessment of hoarseness by measuring jitter*. Clin Otolaryngol Allied Sci., 2001. **26**(1): p. 29-32.
37. Jonsdottir, V., A.M. Laukkanen, and E. Vilkman, *Changes in teachers' speech during a working day with and without electric sound amplification*. Folia Phoniatr Logop. , 2002. **54**(6): p. 282-287.
38. Jonsdottir, V., et al., *Effect of sound amplification on teachers' speech while teaching*. Log Phon Vocol. , 2001. **26**: p. 118-123.
39. Kelchner, L.N., M.M. Toner, and L. Lee, *Effects of prolonged loud reading in normal adolescent male voices*. Lang Speech Hear Serv Sch. , 2006. **37**(2): p. 96-103.
40. Klingholz, F., *Zur Fragwürdigkeit der Diagnose der weiblichen hypofunktionellen Dysphonie primären Typs*. Sprache - Stimme - Gehör, 1990. **14**: p. 179-180.
41. Kojima, H., et al., *Computer analysis of hoarseness*. Acta Otolaryngol., 1980. **89**(5-6): p. 547-54.
42. Kooijman, P.G., et al., *Psychosocial impact of the teacher's voice throughout the career*. J Voice, 2007. **21**(3): p. 316-24.
43. Krischke, S., S. Weigelt, and U. Hoppe, *Quality of life in dysphonic patients*. J.Voice, 2005. **19**: p. 132-137.
44. Kruse, D., *Employment and Disability: Characteristics of employed and non-employed people with disabilities*. 1997, Washington: US Department of Labor.
45. Ladefoged, P., *A Course In Phonetics*. 1993, Forth Worth: Harcourt.
46. Laukkanen, A.M. and E. Kankare, *Vocal loading-related changes in male teachers' voices investigated before and after a working day*. Folia Phoniatr Logop., 2006. **58**(4): p. 229-39.
47. Laukkanen, A.M., et al., *Acoustic measures and self-reports of vocal fatigue by female teachers*. J Voice, 2008. **22**(3): p. 283-9.
48. Laukkanen, A.M., et al., *Changes in voice and subjective sensations during a 45-min vocal loading test in female subjects with vocal training*. Folia Phoniatr Logop. , 2004. **56**(6): p. 335-46.

49. Lehto, L., et al., *Occupational voice complaints and objective acoustic measurements – do they correlate?* Logoped Phoniatr Vocol., 2006. **31**(4): p. 147-52.
50. Linville, S.E., *Changes in glottal configuration in women after loud talking.* J Voice, 1995. **9**(1): p. 57-65.
51. Maertens, K. and F.I. de Jong, *The Voice Handicap Index as a tool for assessment of the biopsychological impact of voice problems.* B-ENT. , 2007. **3**(2): p. 61-6.
52. Masuda, T., et al., *Analysis of vocal abuse: fluctuations in phonation time and intensity in 4 groups of speakers.* Acta Otolaryngol. , 1993. **113**(4): p. 547.
53. Mattiske, J.A., J.M. Oates, and K.M. Greenwood, *Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention and treatment.* J Voice 1998. **12**(4): p. 489-499.
54. Mendoza, E. and G. Carballo, *Acoustic analysis of induced vocal stress by means of cognitive workload tasks.* J Voice, 1998. **12**(3): p. 263-273.
55. Michaelis, D., H. Strube, and E. Kruse, *Multidimensionale Analyse akustischer Stimmgüteparameter.* 1996, Heidelberg: Gross, M.
56. Michaelis, D., H. Strube, and E. Kruse, *Reliabilität und Validität des Heiserkeitsdiagramms.* 1996, Heidelberg: Gross, M.
57. Michaelis, D., T. Gramss, and H. Strube, *Glottal-to-noise excitation ratio – a new measure for describing pathological voices.* Acustica, 1997. **83**: p. 700-706.
58. Naufel de Felipe, A.C., M.H. Grillo, and T.H. Grechi, *Standardization of acoustic measures for normal voice patterns.* Braz J Otorhinolaryngol., 2006. **72**(5): p. 659-64.
59. Naufel de Felipe, A.C., M.H. Grillo, and T.H. Grechi, *Standardization of acoustic measures for normal voice patterns.* Rev Bras Otorrinolaringol., 2006. **72**(5): p. 659-64.
60. Nawka, T., U. Wiesmann, and U. Gonnermann, *Validierung des Voice Handicap Index (VHI) in der deutschen Fassung.* HNO, 2003. **51**: p. 921-929.
61. Neils, L.R. and E. Yairi, *Effects of speaking in noise on vocal fatigue and vocal recovery.* Folia Phoniatr., 1987. **39**: p. 104-112.
62. Niebudek-Bogusz, E. and M. Sliwińska-Kowalska, *Applicability of voice acoustic analysis with vocal loading test to diagnostics of occupational voice diseases.* Med Pr. , 2006. **57**(6): p. 497-506.
63. Niebudek-Bogusz, E., P. Kotyło, and M. Sliwińska-Kowalska, *Evaluation of voice acoustic parameters related to the vocal-loading test in professionally active teachers with dysphonia.* Int J Occup Med Environ Health, 2007. **20**(1): p. 25-30.
64. Niebudek-Bogusz, E., et al., *Diagnostic value of voice acoustic analysis in assessment of occupational voice pathologies in teachers.* Logoped Phoniatr Vocol. , 2006. **31**(3): p. 100-106.
65. Niebudek-Bogusz, E., et al., *The Effectiveness of Voice Therapy for Teachers with Dysphonia.* Folia Phoniatr Logop., 2008. **60**(3): p. 134-141.
66. Nishio, M. and S. Niimi, *Changes in speaking fundamental frequency characteristics with aging.* Folia Phoniatr Logop., 2008. **60**(3): p. 120-7.
67. Orlova, O.S., et al., *The prevalence, causes and specific features of voice disturbances in teachers.* Vestn. Otorinolaryngol., 2000. **5**: p. 18-21.
68. Pasa, G., J. Oates, and G. Dacakis, *The relative effectiveness of vocal hygiene training and vocal function exercises in preventing voice disorders in primary school teachers.* Logoped Phoniatr Vocol., 2007. **32**(3): p. 128-40.
69. Pekkarinen, E. and E. Viljanen, *Effect of sound-absorbing treatment on speech discrimination in rooms.* Audiology, 1990. **29**(4): p. 219-227.
70. Pekkarinen, E. and V. Viljanen, *Acoustic conditions for speech communication in classrooms.* Scand Audiol., 1991. **20**(4): p. 257-63.

71. Pollack, S., et al., *Statistical forecasts of the United States*. 1995, New York: GaleResearch.
72. Pützer, M. and W. Wokurek, *Multiparametric Description of Voice Quality for Normal Male and Female Voices Based on Acoustic Analyses*. Laryngo-Rhino-Otol., 2006. **85**: p. 105-112.
73. Rantala, L. and E. Vilkman, *Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices*. J Voice, 1999. **13**(4): p. 484-95.
74. Rantala, L., E. Vilkman, and R. Bloigu, *Voice changes during work: subjective complaints and objective measurements for female primary and secondary schoolteachers*. J Voice, 2002. **16**(3): p. 344-355.
75. Reinicke, W., *Die Kunst der idealen Tonbildung : Studie für Sänger, Schauspieler, Redner, Lehrer, Prediger* 1906, Leipzig: Dörffling & Franke.
76. Rosen, C.A. and T. Murry, *Nomenclature of voice disorders and vocal pathology*. Otolaryngol. Clin., 2000. **33**: p. 1035-1046.
77. Roy, N., et al., *Prevalence of voice disorders in teachers and the general population*. J Speech Lang Hear Res. , 2004. **47**(2): p. 281-93.
78. Ruben, R.J., *Redefining the survival of the fittest: Communication disorders in the 21st century*. Laryngoscope, 2000. **110**: p. 241-245.
79. Ruotsalainen, J.H., et al., *Interventions for preventing voice disorders in adults*. Cochrane Database Syst Rev., 2007. **17**(4): p. CD006372.
80. Saggau, C., *Stimmanalytische Untersuchungen zur Stimmbelastung gesunder Stimmen* 2001, University of Marburg: Marburg.
81. Sapienza, C., C. Crandell, and B. Curtis, *Effects of sound field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in classroom*. J Voice 1999. **13**(3): p. 375-381.
82. Schahnaz, E., *Subjektive und objektive Stimmuntersuchungen zur Erfassung der Stimmbefunde bei Pädagogikstudenten*. 2004, Philipps-Universität Marburg: Marburg.
83. Scherer, T., *Stimme, Emotion und Psyche : Untersuchungen zur emotionalen Qualität der menschlichen Stimme*, in *Fachbereich Psychologie* 2000, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Psychologie: Marburg.
84. Scheuch, K., M. Misterek, and M. Konthe, *Abhängigkeit von Stimmintensität und -dauer bei Pädagogen in der Unterrichtstätigkeit*, in *XIV. UEP-Kongress*. 1987: Dresden.
85. Schneider, B. and W. Bigenzahn, *Stimmdiagnostik*. 2007: Springer.
86. Schuntermann, M., *Einführung in die ICF*. 2007, Landsberg: Ecomed Verlag.
87. Simberg, S., E. Sala, and A.M. Rönnekaa, *A comparison of the prevalence of vocal symptoms among teacher students and other university students*. J Voice, 2004. **18**(3): p. 363-8.
88. Simberg, S., et al., *Prevalence of voice disorders among future teachers*. J Voice, 2000. **14**(2): p. 231-5.
89. Simberg, S., et al., *Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period*. J Voice, 2005. **19**(1): p. 95-102.
90. Sliwinska-Kowalska, M., et al., *Med Pr.* , 2000. **51**(6): p. 573-580.
91. Sliwinska-Kowalska, M., et al., *The prevalence and risk factors for occupational voice disorders in teachers*. Folia Phoniatr Logop. , 2006. **58**(2): p. 85-101.
92. Sliwińska-Kowalska, M., et al., *Evaluation of voice quality in students from teaching colleges*. Med Pr., 1994. **51**(6): p. 573-80.
93. Sliwińska-Kowalska, M., et al., *Effect of voice emission training on the improvement in voice organ function among students attending the college of teachers*. Med Pr., 2002. **53**(3): p. 229-32.

94. Södersten, M., S. Ternström, and M. Bohman, *Loud speech in realistic environmental noise: phonetogram data, perceptual voice quality, subjective ratings, and gender differences in healthy speakers*. J Voice, 2005. **19**(1): p. 29-46.
95. Södersten, M., et al., *Vocal behavior and vocal loading factors for preschool teachers at work studied with binaural DAT recordings*. J Voice, 2002. **16**(3): p. 356-71.
96. Sorensen, D. and Y. Horii, *Cigarette smoking and voice fundamental frequency*. J Commun Disord., 1982. **15**(2): p. 135-44.
97. Thomas, G., et al., *Prevalence of voice complaints, risk factors and impact of voice problems in female student teachers*. Folia Phoniater Logop., 2006. **58**(5): p. 305-22.
98. Timmermans, B., et al., *Training outcome in future professional voice users after 18 months of voice training*. Folia Phoniater Logop., 2004. **56**(2): p. 120-9.
99. Titze, I.R., J. Lemke, and D. Montequin, *Populations in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: A preliminary report*. J Voice, 1997. **11**: p. 254-259.
100. Tucker, H., *Surgery for phonatory disorders*. 1981, New York: Churchill Livingstone.
101. U. Eysholdt, M.T., T. Wittenberg, U. Proeschel, *Direct evaluation of high-speed recordings of vocal fold vibrations*. Phoniater. Logop., 1996. **48**: p. 163-170.
102. Verstraete, J., et al., *The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer*. Folia Phoniater., 1993. **45**: p. 223-228
103. Vilkmann, E., *Voice problems at work: A challenge for occupational safety and health arrangement*. Folia Phoniater Logop., 2000. **52**: p. 120-125.
104. Vilkmann, E., *Occupational safety and health aspects of voice and speech professions*. Folia Phoniater Logop., 2004 **56**(4): p. 220-253.
105. Vilkmann, E., et al., *Effects of prolonged oral reading on F0, SPL, subglottal pressure and amplitude characteristics of glottal flow waveforms*. J Voice, 1999. **13**(2): p. 303-12.
106. Vintturi, J., et al., *Loading-related subjective symptoms during a vocal loading test with special reference to gender and some ergonomic factors*. Folia Phoniater Logop., 2003. **55**(2): p. 55-69.
107. Vinturri, J., et al., *The effects of post-loading rest on acoustic parameters with special reference to gender and ergonomic factors*. Folia Phoniater Logop., 2001. **53**(6): p. 338-50.
108. Wan, P. and Z. Huang, *Effect of age and gender to voice quality*. Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi. , 2007. **21**(20): p. 929-31.
109. Wang, C.C. and H.T. Huang, *Voice acoustic analysis of normal Taiwanese adults*. J Chin Med Assoc. , 2004. **67**(4): p. 179-4.
110. Weigelt, S., et al., *Voice Handicap Index in Patients with organic and functional dysphonia*. HNO, 2004. **52**(8): p. 751-6.
111. Wendler, J., *Stimmstörungen. Schwerpunkte der Diagnostik und Therapie*. Laryngo Rhino Otol., 1997. **76**(5): p. 327-331
112. Wendler, J., W. Seidner, and U. Eysholdt, *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*. 4 ed. 2005, Stuttgart, New York Thieme.
113. Wendler, J., et al., *Zur praktischen Nomenklatur der funktionellen Dysphonie*. Folia Phoniater Logop., 1973. **25**: p. 30-38.
114. WHO, *International statistical classification of diseases and related health problems*. 2 ed. 2005, Geneva: World Health Organization.
115. Wikipedia. *Menschliche Stimme*. 2008 [cited].
116. Wikipedia. *Artikulation (Linguistik)*. 2008 [cited].
117. Yumoto, E. and W.J.B. Gould, T, *Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness*. J Acoust Soc Am., 1982. **71**(6): p. 1544-9.
118. Yumoto, E., Y. Sasaki, and H. Okamura, *Harmonics-to-noise ratio and psychophysical measurement of the degree of hoarseness*. J Speech Hear Res. , 1984. **27**(1): p. 2-6.

12 Lebenslauf

Geburtsdatum/-ort 04.05.1982 in Tichau, Polen
Familienstand ledig

Schullaufbahn

1992-1998 Helene-Lange-Gymnasium in Frankfurt/Main
9/1998-5/1999 Crescent-Heights-High School Calgary, Kanada
1999-2002 Friedrich-Dessauer- Gymnasium in Frankfurt/Main
Abiturnote: 1,9

Studium

10/2002-12/2008 Medizinstudium an der Philipps-Universität Marburg
9/2002 Ärztliche Vorprüfung, Note: 2,66
12/2008 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Note: 2,0

Famulaturen

8/2005 Unfallchirurgie im Woiwodschafts-Fachkrankenhaus in Tichau,
Polen
9/2005 Dermatologie im Woiwodschafts-Fachkrankenhaus in Tichau,
Polen
7/2006-9/2006 Gynäkologie in der Praxis Dr.Ulman-Wlodarz in Tichau, Polen

Praktisches Jahr

08-10/2007 Innere Medizin am St. John`s Medical College Hospital,
Bangalore, Indien
10-12/2007 Innere Medizin am Klinikum Schwalmstadt, Lehrkrankenhaus der
Philipps-Universität Marburg
12/07-4/08 Chirurgie am Singapore General Hospital (University of
Singapore), Singapur

4/08-7/08

Dermatologie an der Klinik für Dermatologie und Allergologie der Philipps-Universität Marburg

Berufliche Erfahrung

2/2009-heute

Assistenzärztin an der Hautklinik Lüdenscheid unter Leitung von Frau Dr. Dill-Müller

Dissertation

„Stimmanalytische Untersuchungen bei stimmgestörten Patienten vor und nach Stimmbelastung“

Klinische Studie unter der Leitung von Frau Professor Dr. Berger und Dr. Hanschmann der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie der Philipps Universität Marburg

Publikationen

H. Hanschman, M. Wlodarz, R. Berger

Erste Ergebnisse eines computergestützten Belastungstests zur Erfassung stimmlicher Leistungsparameter

eingereicht in: Laryngo-Rhino-Otologie 1/2009 (noch nicht publiziert)

Medizinische Kurse

GCP-Prüfarztkurs

OP-Anfängerkurs

Tropenmedizinkurs an der Philipps-Universität Marburg

Dermatopathohistologiekurs an der Philipps-Universität Marburg

Lehrtätigkeit

12/2006-12/2007

Arbeit als Anatomie-Tutor für die Firma Medilearn in Marburg

Verzeichnis der akademischen Lehrer:

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren in Marburg:

Albert, Aumüller, Bals, Barth, Bartsch, Basler, Bauer, Baum, Beyer, Bien, Bolm, Cetin, Czubayko, Daut, Dietrich, Dinges, Dünne, Feuser, Funck, Gerdes, Geyer, Görg C., Görg K., Grimm, Koolmann, Happle, Hassan, Henzel, Hermann-Lingen, Hertl, Jungclas, Kann, Keller, Kill, Klose, Koch, Koolmann, Krause, Kühnert, Krieg, Leonhardt, Lill, Löffler, Lohoff, Lübbe, Maisch, Max, Moll, Mueller, Neubauer, Oertel, Pagenstecher, Paletta, Plant, Remschmidt, Renz, Richter, Röhm, Roelke, Röper, Rothmund, Rudolph, Schade, Schäfer, Schnabel, Schrader, Schulze, Seitz, Seyberth, Seyfarth, Steiniger, Strempel, Sundermeyer, Vogelmeier, Wagner, Weihe, Werner, Westermann, Wulf

13 Danksagung

Besonders möchte ich mich bei meiner Doktormutter Frau Professor Berger und meinem Doktorvater Dr. Hanschmann für die Möglichkeit bedanken mich auf dem interessanten Gebiet der Phoniatrie wissenschaftlich arbeiten zu lassen. Sie brachten mir viel Geduld entgegen und sorgten mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit. Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, ohne die ein Studium und eine Doktorarbeit niemals möglich geworden wäre. Ein großer Dank geht aber auch an alle Mitarbeiter der Klinik für Phoniatrie für die vielen Anregungen. Zuletzt möchte ich mich bei meinem Freund bedanken, für seine unendliche Geduld und die vielen Aufmunterungsversuche.

Ehrenwörtliche Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Dissertation

„Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel „Stimmanalytische Untersuchungen an stimmgestörten Patienten vor und nach Stimmbelastung“ in der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie unter Leitung von Frau Professor Berger mit Unterstützung durch Dr. med. Hanschmann ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wurde (oder wird) in folgenden Publikationsorganen veröffentlicht.

Datum und Unterschrift